

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2001-525972

(P2001-525972A)

(43) 公表日 平成13年12月11日 (2001. 12. 11)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 1 1 B 7/135		G 1 1 B 7/135	Z
G 0 2 B 26/08		G 0 2 B 26/08	E
G 1 1 B 11/105	5 6 6	G 1 1 B 11/105	5 6 6 B

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 111 頁)

(21) 出願番号 特願平10-511943  
(86) (22) 出願日 平成9年8月27日 (1997. 8. 27)  
(85) 翻訳文提出日 平成11年3月1日 (1999. 3. 1)  
(86) 国際出願番号 P C T / U S 9 7 / 1 5 2 1 5  
(87) 国際公開番号 W O 9 8 / 0 9 2 8 9  
(87) 国際公開日 平成10年3月5日 (1998. 3. 5)  
(31) 優先権主張番号 6 0 / 0 2 5 , 8 0 1  
(32) 優先日 平成8年8月27日 (1996. 8. 27)  
(33) 優先権主張国 米国 (U S)  
(31) 優先権主張番号 0 8 / 8 2 3 , 4 2 2  
(32) 優先日 平成9年3月24日 (1997. 3. 24)  
(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 クインタ・コーポレーション  
アメリカ合衆国カリフォルニア州95131,  
サン・ノゼ, ランディ・アヴェニュー・  
1870  
(72) 発明者 ウィルド, ジェフェリー, ビー  
アメリカ合衆国カリフォルニア州95030,  
ロス・ゲイトス, マウンテン・ビュー・ア  
ヴェニュー・18555  
(72) 発明者 デイビス, ジョセフ, イー  
アメリカ合衆国カリフォルニア州95037,  
モーガン・ヒル, セント・マークス・アヴ  
ェニュー・18765  
(74) 代理人 弁理士 古谷 肇 (外 2 名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 微細加工を使用した光学ヘッド

(57) 【要約】

光学ヘッドは、記憶ディスク (107) にデータを書き込み及びそこからデータを読み出すために、微細加工された部品を、光源及びレンズと組み合わせて利用する。この微細加工された部品は、向き可変の微細加工されたミラー (400) またはマイクロアクチュエータ (433) を備えることができる。レーザ光源 (231) から光学ヘッドに伝送されるレーザ光ビーム (191)、及び記録ディスク (107) から反射された光は、微細加工された部品の移動によって変化する。焦点の合った光学スポット (448) は、記録ディスク (107) の半径方向に対してほぼ平行な方向 (450) に前後に走査される。

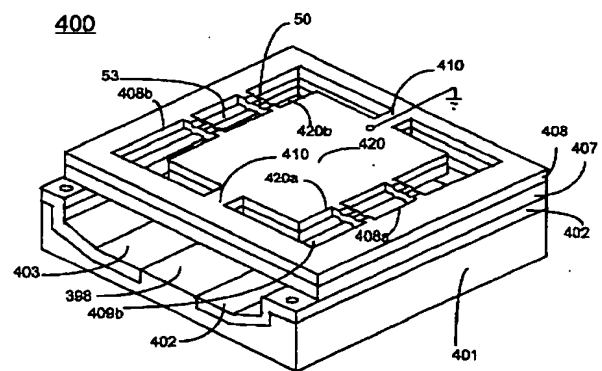


Fig. 3

## 【特許請求の範囲】

1. 微細加工された部品から構成される光学ヘッド。
2. 前記微細加工された部品の移動が、光源と記憶部の間の光の伝達に作用することからなる請求項1の光学ヘッド。
3. 前記微細加工された部品が、光学部品から構成される請求項1の光学ヘッド。
4. 前記微細加工された部品が、マイクロアクチュエータを含む請求項1の光学ヘッド。
5. 前記マイクロアクチュエータが、光学部品に結合されたマイクロモータから構成される請求項4の光学ヘッド。
6. 前記微細加工された部品が、前記光学ヘッドに一体化されている請求項1の光学ヘッド。
7. 前記光学ヘッドが、フライング光磁気ヘッドから構成される請求項1の光学ヘッド。
8. 前記光学部品が、可動性の反射部を備える請求項3の光学ヘッド。
9. 前記可動性の反射部が、最大で300マイクロメートルの直線部を備える請求項8の光学ヘッド。
10. 前記可動性の反射部が、記憶部の半径方向に対してほぼ平行な方向に、前記光を向けることからなる請求項8の光学ヘッド。
11. 前記可動性の反射部が、反射型の1/4波長板から構成される請求項8のフライング光磁気ヘッド。
12. 前記マイクロ光学部品が、前記可動性の反射部に結合された少なくとも一つのテザー部材を含む請求項8の光学ヘッド。
13. 前記マイクロ光学部品が、階段状の電極から構成される請求項8の光学ヘッド。
14. 前記光学ヘッドが、回転型のアクチュエータアームに結合される請求項2の光学ヘッド。
15. 前記光源が、レーザダイオードである請求項2の光学ヘッド。

16. 前記光源が、光学カプラーである請求項2の光学ヘッド。
17. 前記光学カプラーが、光ファイバから成る請求項16の光学ヘッド。
18. 前記光学ヘッドが、前記光ファイバを保持するためのV字溝を備える請求項17の光学ヘッド。
19. 光源と、  
記憶媒体と、  
前記光源と前記記憶媒体の間に配置された少なくとも一つの微細加工された部品  
とからなる、光学記憶アセンブリ。
20. 前記微細加工された部品の移動が、前記光源と前記記憶媒体の間の光の伝達に作用する、請求項19に記載の光学記憶アセンブリ。
21. 前記微細加工された部品が、可動性のミラーから構成される請求項19の光学記憶アセンブリ。
22. 前記微細加工された部品が、マイクロアクチュエータから構成される請求項19の光学記憶アセンブリ。
23. 前記マイクロアクチュエータが、光学部品に結合されたマイクロモータから構成される請求項22の光学記憶アセンブリ。
24. 前記少なくとも一つの微細加工された部品が、前記記憶媒体に近接して配置されたそれぞれの光学ヘッドに結合される、請求項19の光学記憶アセンブリ。
25. 前記微細加工された部品が、可動性のミラーから構成される請求項24の光学記憶アセンブリ。
26. 前記それぞれの光学ヘッドが、フライング光磁気ヘッドから構成される請求項25の光学記憶アセンブリ。
27. 前記向き可変のミラーが、少なくとも一つの階段状の電極から構成される請求項26の光学記憶アセンブリ。
28. 前記微細加工されたミラーが、向き可変の反射部から構成され、この向き可変の反射部が、300マイクロメートルより小さい直線部を備える、請求項26の光学記憶アセンブリ。

29. 前記向き可変の反射部の内部が、反射型の1/4波長板からさらに構成される請求項28の光学記憶アセンブリ。

30. 前記微細加工されたミラーが、前記向き可変の反射部に結合された少なくとも一つのテザーから構成される請求項28の光学記憶アセンブリ。

31. 前記光源が、実質的に単一周波数の光源から成る請求項19の光学記憶アセンブリ。

32. 前記記憶媒体が、複数の記憶ディスクから成る請求項19の光学記憶アセンブリ。

33. 前記複数の記憶ディスクが、ハーフハイト形状因子内に配置された少なくとも6個の光磁気ディスクから構成される、請求項32の光学記憶アセンブリ。

34. 前記光源が、光ファイバケーブルである請求項19の光学記憶アセンブリ。

35. 前記光ファイバケーブルが、前記光学ヘッドに結合される請求項34の光学記憶アセンブリ。

36. 前記光源が、回転支持アームに取り付けられる請求項19の光学記憶アセンブリ。

37. 前記光学ヘッドが、前記光ファイバケーブルを保持するためのチャンネルを備える請求項35の光学記憶アセンブリ。

38. 前記チャンネルがV字溝である請求項37の光学記憶アセンブリ。

39. 前記光学ヘッドが、前記微細加工された部品と前記記憶媒体の間で前記光を結合するためのマイクロレンズからさらに構成される、請求項19の光学記憶アセンブリ。

40. 前記レンズが、前記微細加工された部品と前記記録媒体の間の光軸に沿って配置される、請求項39の光学記憶アセンブリ。

41. 前記レンズが、GRINレンズである請求項39の光学記憶アセンブリ。

42. 前記レンズが、成形されたプラスチックレンズである請求項39の光学記憶アセンブリ。

43. 前記レンズが、成形されたガラスレンズである請求項39の光学記憶ア

センブリ。

44. 光学的な媒体からデータを読み取るためのシステムであって、

光源から記憶部まで光信号を伝達するための手段と、

この伝達するための手段と発光により通信し、この光信号の発光による通信に作用するための手段であって、この発光による通信に作用するための手段が、光学ヘッドに結合された微細加工された部品手段を備える、手段と、

反射された光信号を処理して、前記記憶部に記憶されたデータをデコードするための手段

とからなるシステム。

45. 発光による通信に作用するための前記手段が、前記記憶部の半径方向に対してほぼ平行な方向に、光の向きを変えることによって光を導くことからなる請求項44のシステム。

46. 前記微細加工された部品手段が、テザー手段から成る請求項44のシステム。

47. 光源と、

記録媒体と、

前記記憶媒体に近接して配置された少なくとも2つの支持アームと

少なくとも2つの光学ヘッドであって、ヘッドの各一つが前記各支持アームの各一つに取り付けられており、各光学ヘッドが、少なくとも一つの微細加工された部品からさらになる、光学ヘッド

とからなる光学記憶システム。

48. 前記少なくとも一つの微細加工された部品の移動が、前記光源から前記記憶媒体への光の伝達に作用することからなる請求項47の光学記憶システム。

49. 前記微細加工された部品が、可動性のミラーから構成される請求項48の光学記憶システム。

50. 前記光源が、少なくとも2つの光源から成る請求項48に記載の光学記憶システム。

51. 前記微細加工された部品が、可動性のミラーから成り、前記少なくとも

2つの光源のそれぞれが、それぞれの可動性のミラーによって、前記記憶媒体に同時に入射するように導かれることからなる請求項50の光学記憶システム。

52. 前記記録媒体が、両面記録媒体から成る請求項51に記載の光学システム。

53. 光源から記憶媒体に光を導くための、及び該記憶媒体からの反射光を検出器に導くための方法であって、少なくとも一つの微細加工された部品の移動を利用して前記光を導くステップを含む方法。

54. 前記少なくとも一つの微細加工された部品が、光学ヘッドに結合されたマイクロアクチュエータから構成される、請求項53に記載の光を導くための方法。

55. 光ファイバを使用して前記光を導くステップをさらに含む請求項54に記載の光を導くための方法。

56. 前記光が、少なくとも2つの光から成り、この少なくとも2つの光のそれぞれが、それぞれのマイクロアクチュエータによって、前記記憶媒体に同時に入射するように導かれることからなる請求項54に記載の光を導くための方法。

57. 前記少なくとも一つの微細加工された部品が、マイクロアクチュエータから成る請求項53に記載の光を導くための方法。

58. 前記マイクロアクチュエータが、前記記憶媒体の半径方向に対してほぼ平行な方向に、それぞれの光を導くことからなる請求項56に記載の光を導くための方法。

59. 開口部を画定する構造と、該開口部内に配置されたミラーと、該ミラーと可撓性層に一体化して結合された一対の可撓性層のヒンジと、該ミラーと該可撓性層に一体化して結合された少なくとも一つのテザー部材を有する該可撓性層から成るねじりミラー。

60. 前記少なくとも一つのテザー部材が、少なくとも一つのテザーチャンネルを画定する構造を有する、少なくとも一つのテザー部材から成る請求項59のねじりミラー。

61. 前記ミラーが、向き可変の微細加工されたミラーから成る請求項59の

ねじりミラー。

62. 前記ミラーが、一对の第1の対向する側面と一对の第2の対向する側面からなる平行四辺形状の構造を備えており、前記一对の第1の対向する側面には、前記一对の可撓性層のヒンジが一体化して結合され、前記一对の第2の対向する側面には、前記少なくとも一つのテザー部材が、該一对の側面のうちの少なくとも一つに一体化して結合される、請求項59のねじりミラー。

63. 前記ミラーが、一对の第1の対向する側面と一对の第2の対向する側面からなる平行四辺形状の構造を備えており、前記一对の第1の対向する側面には、前記一对の可撓性層のヒンジが一体化して結合され、前記一对の第2の対向する側面には、前記少なくとも一つのテザー部材が、該一对の側面のうちの少なくとも一つに一体化して結合される、請求項60のねじりミラー。

64. 前記少なくとも一つのテザー部材が、一对の横方向のチャンネルを両定する構造を備える、請求項60のねじりミラー。

65. 前記少なくとも一つのテザー部材が、一对の横方向のチャンネルを画定する構造を備える、請求項60のねじりミラー。

66. 光学ミラーの動作範囲を制限するための、及び該光学ミラーが作動電極に接触しないようにするためのテザーであって、少なくとも一つのチャンネルを有する構造から成るテザー。

67. 前記構造が、一对の横方向のチャンネルを有する平行四辺形状の構造を備える請求項66のテザー。

68. 基板と、該基板によって支持された少なくとも一つの作動電極であって、第1の電極表面と、該第1の電極表面にほぼ平行な第2の電極表面を有する作動電極と、該少なくとも一つの作動電極によって支持された少なくとも一つのプレート部材と、該少なくとも一つのプレート部材によって支持され、開口部を画定する構造を有する可撓性層と、該開口部に配置されたミラーと、該ミラーと前記可撓性層に一体化して結合された一对の可撓性層のヒンジとから構成される向き可変の微細加工されたミラー。

69. 前記ミラー及び前記可撓性層に一体化して結合された少なくとも一つのテザー部材からさらに構成されており、該少なくとも一つのテザー部材が、少

なくとも一つのテザーチャンネルを画定する構造を有する少なくとも一つのテザー部材から成る、請求項68の向き可変の微細加工されたミラー。

70. 前記第1の電極表面が、前記第2の電極表面とは異なる高さにあり、前記ミラーが、一对の第1の対向する側面と一对の第2の対向する側面からなる平行四辺形状の構造を備えており、前記一对の第1の対向する側面には、前記一对の可撓性層のヒンジが一体化して結合され、前記一对の第2の対向する側面には、前記少なくとも一つのテザー部材が、該一对の側面のうちの少なくとも一つに一体化して結合される、請求項68の向き可変の微細加工されたミラー。

71. 前記ミラーが、一对の第1の対向する側面と一对の第2の対向する側面からなる平行四辺形状の構造を備えており、前記一对の第1の対向する側面には、前記一对の可撓性層のヒンジが一体化して結合され、前記一对の第2の対向する側面には、前記少なくとも一つのテザー部材が、該一对の側面のうちの少なくとも一つに一体化して結合される、請求項69の向き可変の微細加工されたミラー。

72. 前記少なくとも一つのテザー部材が、一对の横方向のチャンネルを画定する構造を備える請求項69の向き可変の微細加工されたミラー。



## 【発明の詳細な説明】

## 微細加工を使用した光学ヘッド

発明の背景

## 1. 発明の分野

本発明は、一般的には光学データ記憶システムに関連する。さらに詳しくは、本発明は、光学データ記憶システムにおいて微細加工された部品を使用することに関連する。

## 2. 従来技術

光磁気記憶システムにおいては、情報は、回転ディスク上に取り付けられた光磁気(MO)記録部材を使用して、磁気領域の空間的なばらつきとしてディスク上に記録することができる。読み出し中に磁気領域のパターンが光学的な極性を変調し、検出システムが、得られた信号を光学的なフォーマットから電氣的なフォーマットに変換する。

光磁気記憶システムの一つのタイプでは、光磁気ヘッドアセンブリは、記録及び読み出しの間、データトラック上に光学ヘッドアセンブリを位置決めするために、ディスクの半径方向にそって光学ヘッドを移動させるリニアアクチュエータ上に配置される。磁気コイルは、このヘッドアセンブリ上の個別のアセンブリ上に配置されて、ディスク表面に垂直な方向に磁気成分を有する磁界を生成する。ディスク媒体のまわりの磁性体の極性と反対である、垂直方向の極性の磁化が、ディスク上に光学的なスポットを形成するために、レーザービームの最初の焦点合わせによって、0または1を示すマークとして記録される。この光学的なスポット(以下、光学スポット)は、キュリー温度(加える磁界により磁化を容易に変化させることができる温度)に近いまたはそれより高い温度まで、光磁気部材を加熱するよう作用する。磁気コイルを通過する電流により、自発的な垂直方向の磁化が上向きかまたは下向きに配向される。この配向プロセスは、温度が適度に高い光学スポットの領域で生じる。この磁化マークの配向は、レーザービームが照射されなくなった後でも保存される。このマークは、磁気コイルが現在の配向とは反対の方向に磁界を発生する間に、レー

ザービームによって局所的にキュリー温度まで再加熱される場合には、消去されるかまたはオーバーライト（上書き）される。

磁気的なカー効果（Kerr effect）を利用して、目的のマークの磁化により、反射ビームに生じる偏光面のカー回転（Kerr rotation）を検出することによって、情報がディスク上の特定のマークから読み出される。カー回転の大きさは、（カー係数（Kerr coefficient）で表される）部材の特性によって決まる。この回転の検出は、既知の差分検出方式によって測定されるが、その回転は、目的とするマークでの自発的な磁化の向きに応じて、時計回りか反時計回りのいずれかに配向される。

光磁気ディスクへのアクセスは、現在のところ1 Gbit/in<sup>2</sup> オーダーの面密度で行われているが、従来の光磁気ヘッドは、ヘッドの物理的な大きさと重量をかなりかさばるもの（典型的には、3～15 mmの大きさ）にしている。従って、従来技術による光磁気ヘッドが、光磁気記憶ディスク上の新たなトラックをアクセスするために機械的に移動する速度は低速である。さらに、従来技術による光磁気ヘッドの物理的な大きさにより、光磁気ディスク間の間隔が制限される。標準的な高さのディスクドライブでは利用可能な容積が制限されているため、光磁気ディスクドライブは、従って、大容量の商用の製品としては利用できない。例えば、現在のところ利用可能な商用の光磁気記憶装置は、130 mmの両面2.6 ISOギガバイトの光磁気ディスクの片面のみにアクセスし、ディスクアクセスタイムは40 ms、及びデータ転送速度は4.6 MB/Secである。

N. Yamada（米国特許第5,255,260）は、複数の光ディスクの上面及び下面をアクセスするための薄型のフライング光学ヘッドを開示している。Yamadaによって開示されたフライング光学ヘッドでは、相変化形光ディスクに光をあて、及びそこから光を受けるための、固定の（作動アームに対して固定された）ミラーまたはプリズムが作動アームに取り付けられている。Yamadaによって開示された固定された光学部品では、一定の容積内に収容されている複数の位相変化形の光ディスクの両面へのアクセスが可能であるが、Yamadaにより開示されたものは、光学部品をいかに小さくできるかによって制限を受ける。従って、所

定の容積内で機能するように製造可能な光ディスクの数もまた、制限される。他の欠点は、固定の光学部品を使用することに関連する。このアプローチによれば、焦点合わせをされた光学スポットの位置を変化させるために、光学ヘッドアセンブリ全体を移動させることが必要とされるために、トラックサーボの帯域幅が制限される。これと同じ制限が、Murakami他によって米国特許第5,197,050に開示されたフライング光磁気ヘッドについてもあてはまる。一般的には、高精度のトラックサーボを実現するために使用される部品の質量が増すにつれて、サーボの帯域幅は小さくなり、さらに、読み出しまたは書き込むことができるトラック密度は小さくなる。

高精度のトラッキング用に、ガルバノメータ式のアクチュエータを備えた折り畳み式のプリズムまたはミラーを移動させるための方法が、米国特許第5,243,241にC. Wangによって開示されている。ガルバノメータは、大きなワイヤコイルと回転可能な磁石から構成されており、それらは、フライング光磁気ヘッドに結合されたリニアアクチュエータアームに取り付けられており、スライド本体には取り付けられない。この設計では、その大きさと重量のために、トラッキングサーボの帯域幅、及び実現可能なトラック密度が制限される。また、その複雑さのために、製造コスト及び製造の困難さが増す。

コンパクトで、かつ、従来技術によるものに比べて、所定の容積内に収容可能なディスクの数を増やすことが可能な改善された光学ヘッドが必要とされる。改善された光学ヘッドは、好ましくは、大きな開口数、低減されたヘッドのサイズ及び質量、さらに、極めて高精度のトラックサーボの帯域幅を提供する、共振周波数の高いトラッキングサーボデバイスを提供するものでなければならない。さらに、光学ヘッドは、従来技術に対して、ディスク面へのアクセス、ディスクドライブのアクセスタイム、データ転送速度、及び調整と製造の簡便さを改善するものでなければならない。

#### 発明の要約

本発明は、従来技術の光ディスクドライブに対する改善点を提供する。この改善により、任意の所定の容積内に収容することができる記憶ディスクの数を

増加させることができる。この改善によって、小さいヘッド上で共振周波数の高いトラッキングサーボデバイスを使用して、記憶媒体へのアクセス、ディスクドライブのアクセスタイム、及びデータ転送速度を向上させることができる。

本発明の光ディスクは、ウィンチェスター (Winchester) 磁気ディスク技術を利用する。レーザー光学アセンブリは、光学的な光源を、微細加工された小さな光学スイッチを介して、一つまたはそれ以上の回転アームに結合する。回転アームのそれぞれは、データを記録媒体に書き込み、あるいはそれから読み出すための光学ヘッドを支持する。光は、記録媒体を焦点合わせをされた光学スポットで走査するために、光ファイバーを通してそれぞれの光学ヘッドに送られる。次に、記憶媒体から反射された光信号は、処理のために、光学ヘッドを介して結合する。

光ファイバから光学ヘッドに伝送される光は、微細加工された部品によって影響を受ける。好適な実施態様では、向き可変の微細加工されたミラーによって影響を受ける。トラックの追跡と隣のトラックへのシーク動作は、この向き可変の微細加工されたミラーの中央のミラー部を、回転軸の回りに回転させることによって実現される。向き可変の微細加工されたミラーからの反射光は、GRIN (屈折率分布型) レンズまたは成形レンズ (molded lens) のような埋め込み型の微小な対物レンズによって導かれる。焦点合わせを施された光学スポットは、記憶媒体の半径方向にはほぼ平行な方向に左右にスキャンされる。第2の好適な実施態様では、トラックの追跡と隣のトラックへのシーク動作は、一組の向き可変の微細加工されたミラーを互いに独立に動作させることによって、二つ以上の記録媒体について同時に実施することができる。

向き可変の微細加工されたミラーは、開口部を画定する構造を有する可撓性層 (たわみ層、flexure layer) を具備している。中央のミラー部は、開口部内に配置される。中央のミラー部は、第1の一对の対向面と第2の一对の対向面を含む平行四辺形状の反射構造を含んでおり、一对の可撓性層のヒンジが、第1の一对の対向面及び可撓性層に一体的に結合されている。他の好適な実施態様では、少なくとも一つのテザー (tether、つなぎ) 部材を、中央のミラー部の第2の対向面及び可撓性層に一体的に結合することができる。この少なくとも

も一つのテザー部材は、少なくとも一つのテザーチャンネルを画定する構造を具備している。テザーは、ミラーの移動範囲を制限し、及びミラーが作動電極に接触するのを防止するために機能する。他の好適な実施態様では、向き可変の微細加工されたミラーは、基板、この基板によって支持される少なくとも一つの作動電極、及びこの少なくとも一つの作動電極によって支持される少なくとも一つのプレート部材を備えている。作動電極は、第1の電極面、及び第1の電極面にほぼ平行で、第1の電極面とは異なる高さにある第2の電極面を備えることができる。

好適な実施態様では、向き可変の微細加工されたミラーは、フライング光磁気ヘッドに取り付けられる。このフライング光磁気ヘッドは、好ましくは、光磁気システムで使用するための一組の光磁気ヘッドのうちの一つである。

#### 図面の簡単な説明

図1は、従来技術のシリコン製ねじりミラー (silicon torsion mirror) 構造の展開図である。

図2は、向き可変の微細加工されたミラーの斜視図である。

図3は、一对のテザー部材を含む向き可変の微細加工されたミラーの斜視図である。

図4は、図3の向き可変の微細加工されたミラーの上面図である。

図5は、図4のライン8-8に沿って、矢印の方向に切り取った垂直断面図である。

図6は、図2のミラーの側断面図であり、作動電極に向かって角度 $\theta^\circ$ だけ下方にねじり回転させたミラーを点線で示している。

図7は、光磁気データ記録及び再生システムの上面図である。

図8は、図7の光磁気データ記録システムのレーザー光学アセンブリの一実施態様を示す図である。

図9は、DFBレーザー源を使用した場合の典型的な光路を示す図である。

図10a～dは、光磁気ヘッドの上面図、側面図、正面図及び側面図をそれぞれ示す図である。

図11は、図9の典型的な光路をさらに詳しく示す図である。

図12は、反射型の1/4波長板を含む向き可変の微細加工されたミラーアセンブリを示す図である。

図13には、図12の1/4波長板の厚さと構成成分を示している。

図14は、図10a～cに示した、フライング光磁気ヘッドの実施態様の斜視図である。

図15は、図10a～cに示した、フライング光磁気ヘッドの実施態様の第2の斜視図である。

図16は、光ファイバスイッチの実施態様を示す図である。

図17a、bは、図16の光ファイバスイッチをさらに詳しく示した図である。

図18は、図16の光ファイバスイッチの製造段階を示す図である。

図19は、図16の光学スイッチの製造段階を示す図である。

図20は、図16の光学スイッチの製造段階を示す図である。

図21a、bは、光磁気ディスクドライブの一部としての光磁気データ記録及び再生システムを示す断面図である。

図22は、向き可変の微細加工されたミラーの3つの実施態様について、作動電圧を偏向角度 (angular deflection) の関数として示すグラフである。

図23は、向き可変の微細加工されたミラーの実施態様についての周波数応答を示すグラフである。

図24は、向き可変の微細加工されたミラーの実施態様についての位相応答を示すグラフである。

図25は、向き可変の微細加工されたミラーの2つの実施態様について、作動電圧を偏向角度の関数として示すグラフである。

図26は、向き可変の微細加工されたミラーの2つの実施態様についての周波数応答を示すグラフである。

図27は、向き可変の微細加工されたミラーの2つの実施態様についての位相応答を示すグラフである。

図28は、向き可変の微細加工されたミラーの2つの実施態様について、作

動電圧を偏向角度の関数として示すグラフである。

図29は、向き可変の微細加工されたミラーの2つの実施態様について、作動電圧を偏向角度の関数として示すグラフである。

図30は、向き可変の微細加工されたミラーの2つの実施態様について、作動電圧を偏向角度の関数として示すグラフである。

図31は、向き可変の微細加工されたミラーの実施態様について、作動電圧を偏向角度の関数として示すグラフである。

#### 発明の詳細な説明

以下に図面を参照して詳しく説明する。図面には、本発明の同様な部分には、同じ参照番号を付している。図1には、従来技術による向き可変の微細加工されたねじりミラーアセンブリ (steerable micro-machined torsional mirror assembly) を、20として一般的に示している。ミラーアセンブリ20は、くぼみ23を画定する周辺部のリム22aを含む基板22を具備する。一対の間隔をおいて配置 (隔置) され、電氣的に絶縁された作動電極 (actuation electrode) 24は、くぼみ23内に配置されている。

26として一般的に図示している、支持用リッジ (support ridge) は、基板22上に取り付けられて、くぼみ23内に配置されており、そしてリム22aによって囲まれている。リッジ26は、一対の電極24の間に配置されている。窒化ケイ素の可撓性層30は、上部のミラー支持部材として機能し、一対の電極24と間隔をおいた状態で、支持用リッジ26と周りを囲んでいるフレーム26aによって支持されている。ミラー支持部材30は、一対の溝を切られた開口部を画定し、32a、bとして一般的に図示されている。開口部32a、bは、36として一般的に図示されている平面ミラーとして、可撓性層30の一部を画定するために構成されており、ミラー36のそれぞれの対向するエッジの一組を、ミラー支持部材30に機械的に相互接続、すなわち結合する、軸合わせされた一対のねじりヒンジ部材 (torsion hinge member) (すなわち、可撓性層のヒンジ) 38によって取り付けられている。ミラー36は、軸合わせされたヒンジ38のまわりに対称的に配置されており、軸合わせされたヒン

ジ38から離れて延びる、対称的に相対して配置された片側部36a、36bを有している。

作動電極24は、それぞれの部分が、ミラー36のそれぞれの片側部にほぼ対面した位置に並ぶように配置される。作動電極24は、外部の電源に接続される。作動電極24は、外部の電源から電流を受け取り、印加される作動電圧に応じて逆向きに充電される。作動電圧は、軸合わせされたヒンジ38のまわりに、逆向きに充電された電極24により誘導される静電荷 (electrostatic image charge) によって角度 $\theta^\circ$ だけ、ミラー36を回転させるように決められる。

図2に、本発明の微細加工されたミラーアセンブリ400の好適な実施態様を示す。向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400は、形成されたくぼみ406をそれ自体に有するシリコン(ケイ素)基板401を備えている。隔置された一对の平面状の駆動(作動)電極が、402及び403として概略的にかつ一般的に図示されており、それらは、くぼみ406の底部に沿って配置されている。リッジ398が、駆動電極402と403とを分離している。平面状のシリコンプレート407は、電極402、403のそれぞれの部分に結合されている。二酸化ケイ素や窒化ケイ素のような材料で造られる平面状の可撓性層408は、プレート407の外側の面に結合される。可撓性層408は、対向する環状部408a及び408bを構成するよう形成される。外側に面する反射性の中央のミラー部420は、最上部の可撓性層408の一部と内部のシリコンプレート層407の各部内に、それ自体を貫通して形成される、対向して隔置されたC字形の開ロスロット409a、409bによって画定される。反射性の中央のミラー部420は、一体化した対向する片側部420a及び420bを設けるように構成される。対向する片側部420a及び420bは、軸合わせされ対向して配置された、可撓性層のヒンジ410によって形成された軸のまわりに対称的に配置され、その軸から離れて延びている。

可撓性層のヒンジ410は、可撓性層408から一体形成されており、反射性の中央のミラー部420に、ねじりによる復元トルクを与える。反射性の中央のミラー部420は、それ自体の光学的な反射率、及び静電気的作用を向上



させるために、金または類似の物質で金属被膜することができる。

典型的な実施態様では、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400は、およそ90から200ボルトの作動電圧を電極402及び403に印加することによって、ほぼ50から200KHzの帯域幅にわたって動作する。反射性の中央のミラー部420は、一般的には、直線部a及びbの寸法がおよそ300ミクロン以下で、厚さ $t_{m1}$ がおよそ3ミクロン以下の平行四辺形状の構造である。反射性の中央のミラー部420の底部と、駆動電極402及び403の間の間隙は、およそ10ミクロン以下である。典型的な実施態様では、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400の厚さ $t_{m2}$ は、およそ200ミクロン以下である。典型的な実施態様では、反射性の中央のミラー部420は、ヒンジ410によって画定される長手方向の軸のまわりに、少なくとも $\pm 2^\circ$  物理的な回転角度を達成することが望ましい。好ましくは、反射性の中央のミラー部420を、横方向に動かしすぎることなく、ねじりによって動作させることができ、静的及び／または動的な動作の間は、 $\lambda / 10$ の光学的な平面度を維持しなければならない。静電氣的なたわみによる最大ストレスは、反射性の中央のミラー部420を構成するために使用される部材の予測される降伏応力より小さくなければならない。向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400の上述の特性及び寸法は、代表的なものを意図したものであり、添付の請求の範囲のみにによって制限されるものである。

典型的な実施態様では、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400は、くぼみ（リセス）406をシリコン基板ウェーハ401内にエッチングすることによって製造することができる。シリコンプレート407は、酸化結合して、電極402、403から電氣的に絶縁することができ、その後、所望の厚さまで薄くして研磨することができる。可撓性層408は、反射性の中央のミラー部420の周辺部とヒンジ410の幅を両定するために配置され、パターン成形することができる。開口スロット409a、409bを反射性の中央のミラー部420の周囲及び可撓性層のヒンジ410の下に形成し、一方、反射性の中央のミラー部420の下のシリコンプレート407を除去して剛性の支持体を設けるために、等方性のエッチング（etch）を使用することができる。

結合パッド404及び405を金属の被着によって形成して、それぞれの電極402、403に電氣的及び機械的に接続することができるように、このエッチングのステップを電極402及び403へのアクセスを設けるために使用することができる。これまでに説明してきた向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400は、バルク微細加工技法 (bulk micro-machining techniques) または面微細加工技法 (surface micro-machining techniques) を使用して製造することができる、例えば、この面微細加工技法については、1991 SPIE Proceeding Series Vol. 2639, p211-222のJ.Comtois他による「Design techniques for surface micro-machining MEMS processes」に開示されている。

図1～3を参照すると、典型的な解析により、反射性の中央のミラー部420は、その偏向角度が増すに従い、静電氣的なトルクが、ヒンジのねじりによって与えられる復元トルクに打ち勝つようになるので不安定になる、ということは明らかである。従来技術の比較的広いギャップ（間隙）に、本発明の反射性の中央のミラー部420の所望の偏向角度 $\pm 2^\circ$ を用いる場合は、比較的大きな作動電圧を電極402及び403に加える必要がある。さらに、反射性の中央のミラー部420と電極402及び403の間に比較的広いギャップを用いると、反射性の中央のミラー部420の偏向角度と、電極402及び403に印加される電圧との間にかなりの非線形関係が生じる可能性がある。従って、以下では、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400について、その動作特性を変化させる変更点を含めるために説明する。この向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400は、ギャップの幅がより小さいこと、直線性が改善されていること、フルスケールの偏向角度に対して必要とされる作動電圧がより低いこと、及び、前記の不安定が生じる前に実現可能な偏向角度の範囲を増加させること、を具備するものである。

次に図3、4及び5を参照すると、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400は、反射性の中央のミラー部420を可撓性層408にさらに結合するための、少なくとも一つのテザー部材50を具備することができる。さらに詳しくは、少なくとも一つのテザー部材50は、可撓性層408の対向する環状部408a及び408bのそれぞれの少なくとも一つの部分を、反射性の

中央のミラー部420の各対向する片側部420a及び420bに、それぞれ接続する。

各テザー部材50は、望ましくは、少なくとも一つの一对の横方向の（長手方向に直角な）チャンネル54を備える平行四辺形状の構造52とすることができる。図4に示すように、対向する片側部420a及び420bの先端エッジはそれぞれ、このエッジ部に固定されて、ギャップ53で分離された一对の隔置されたテザー52を備えている。溝またはチャンネル54は、可撓性層408の選択された表面領域内に等方性のエッチングされた輪郭を画定するために、平面エッチング（planar etch）を使用してプラズマエッチングすることができる。エッチ止め（etch stop）を入り組んだ表面（convoluted surface）内に拡散させて、エッチングされた輪郭がエッチ止め層をなぞるようにすることができる。テザー部材50を備える可撓性層408の部分は、チャンネル54の表面に対向する表面部からパターン成形してエッチングすることができ、エッチ止め層により、所望の波状の断面部が生成される。従来のプラズマエッチング技法では、エッチングされる溝の深さは、数分の1ミクロンから約50ミクロンまでが可能である。ホウ素によるエッチ止め（boron etch stop）が使用される場合には、利用可能なテザー部材50の厚さは、約0.5ミクロンから約10ミクロンまでの範囲である。同様な範囲が拡散式電気化学エッチ止め（diffused electrochemical etch stop）について利用可能であるが、十分に長い拡散のためには、最大の厚さが20ミクロンを越える可能性がある。

テザー部材50によって、反射性の中央のミラー部420は、軸合わせされた可撓性層のヒンジ410のまわりにねじり運動ができるようになるが、横方向の運動は制限される。すなわち、テザー部材50は、可撓性層408の側部408a及び408bの方への、反射性の中央のミラー部420の末端エッジ部の移動を制限する。テザー部材50はまた、反射性の中央のミラー部420を偏向していない位置に戻すために、（可撓性層のヒンジ410によって加えられる復元力に加えて）ねじりによる復元力を与える。テザー部材50はまた、大きな駆動状態において、反射性の中央のミラー部420が作動電極402及び403に接触しないよう制限して、その接触による変形やたわみを防止す

る。テザー部材50は、さらに、反射性の中央のミラー部420が臨界角度を越えて偏向しないようにするが、この臨界角度を越えた場合には、作動電極402または403の一方に自然に偏向してしまうことになる。

反射性の中央のミラー部420の回転移動、すなわちねじれによる移動により、テザー部材50は、この反射性の中央のミラー部420の側部420a及び420bに結合したままで、下方(z方向)に偏向される。結合したままにするために、テザー部材50は、好ましくは、多少延びることによって、反射性の中央のミラー部420の側部420a及び420bから、可撓性層408の側部408a及び408bまでの距離の増加を吸収する。梁(beam)として動作する単一のテザー50を考え、小さな偏向に対して溝すなわちチャンネル54の存在を一時的に無視すると、梁をz方向に偏向させるために必要な力の大きさは、実現される偏向の大きさにほぼ直線的に比例する。より大きな偏向に対しては、増加分の偏向を達成するために、力の大きさをさらに多く増す必要があり、この関係は非線形なものになる可能性がある。テザー部材50の非直線性は、反射性の中央のミラー部420の大きな回転角度によって引き起こされる静電気的なトルクにおける非直線性に合致するように調整することができる。従って、より大きな角度偏向に対する静電気的な非線形性の効果を抑止することによって、角度偏向に対する反射性の中央のミラー部420の安定性の範囲を増加させて、角度偏向のより広い範囲を実現することができる。

ねじりヒンジ410から利用可能な復元トルクのみでは、ある臨界回転角度で静電界によって及ぼされるトルクを打ち消すためには不十分である場合がある。テザー部材50は、追加の復元トルクを与えるよう機能して、ヒンジの復元トルクと組み合わせ、こうして静電気的なトルクを相殺する。従って、不安定となる位置がより大きな偏向角度で生じるよう変化させることができる。さらに、反射性の中央のミラー部420の共振周波数は、テザー部材50によって生成される、追加の効果的なねじればね定数のために好適に増加される。それゆえ、共振周波数の作動電圧との結合度は、さらにある程度緩和されることになる。

テザー部材50の設計においては、静電気的な力が支配的になるのとおおよ

その同じ偏向角度で、テザー部材50の非直線性が支配的になる。テザー部材がまっすぐな梁である実施態様では、テザー50はかなり延び、従って、梁の偏向における非直線性は、反射性の中央のミラー部420のかかなり小さい角度に対してははっきりと識別できるようになる。横方向のチャンネル54を使用すると、テザー部材50延びの大部分を波形の湾曲部によって吸収することができるために、その直線範囲を延ばすのに役立つ。テザー部材50において有効な非直線性の開始は、テザー部材50の長さ(c)、幅(d)、厚さ(t)、並びに波形の深さ(e)、幅(f)及びその数の関数である。横方向のチャンネル54を備えることにより、テザー部材50の非直線性の開始を決定することにおける設計の柔軟性をさらに増すことができる。好ましくは、テザー部材50からの非直線的な力によって反射性の中央のミラー部420が過度にねじれないようにするために、テザーの厚さ(t)を、反射性の中央のミラー部420の厚さよりも小さくする。

今度は図6を参照するに、反射性の中央のミラー部420の角度 $\theta$ が、軸37のまわりにx軸に対して増加する場合、 $x=0$ において作動電極402(または403)の部分から生じる静電氣的な力の寄与は、 $x=b/2$ において反射性の中央のミラー部420の外側のエッジ部に寄与するものより小さい。図5を再び参照すると、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400が図示されているが、そこには、直線性を改善する一方で、所望のすべての角度偏向に対して妨害することなく、及び反射性の中央のミラー部420に所定の電極の電圧に対してより大きな静電氣的な力を与えるために、 $x=0$ におけるギャップgを減少させることが可能な方法が示されている。

図5に記載し、以下の例4で説明する実施態様では、作動電極402及び403は、ギャップが $x=0$ の近くで小さくなるように、電極表面402a及び403aを、垂直方向のステップ(段)、すなわち高くなった部分として備えるように製造することができる。作動電極402及び403はまた、電極表面402a及び403aにそれぞれ平行で、それぞれ異なるギャップ間隔にある、電極表面402b及び403bを備えることができる。すなわち、電極表面402a及び403aは、電極表面402b及び403bよりもギャップ間隔が

小さい。図5は、2つのギャップに分離することを示しているが、電極402及び403に、そのようなステップをたくさん作製することによって、別の利益を得ることができる。従って、作動電極402及び403をそれぞれ、2つの電極表面（すなわち、402a、402b、403a、及び403b）について図示したが、本発明の思想及び範囲においては、3つ以上の電極表面を備える作動電極402及び403を含むことができる。テザー部材50から離れて動作することの変更は、作動電圧の動作を、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400の共振周波数から切り離すように機能することができる。すなわち、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400の共振は変わらない。複数の電極のステップを単独で、または上述のテザー部材50と組み合わせて使用することかできるということは明らかである。

向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400は、図7の100に上面図として一般的に示すように、光磁気記録及び再生システムの一部としてフライング光磁気ヘッド106に使用することができる。好適な実施態様では、光磁気（MO）データ記録及び再生システム100は、一組の両側第一面MOディスク（double-sided first surface MO disks）107（各MOディスク面にひとつのフライングヘッドがある）に使用するのに適合した、一組のウィンチェスタータイプのフライングヘッド106を備えている。この一組のフライングヘッド106（以下では、フライングMOヘッドと称する）は、各サスペンション130及びアクチュエータアーム105によって、ロータリーアクチュエータマグネット及びコイルアセンブリ120に結合されて、一組のMOディスク107の表面上に位置付けされる。動作時には、一組のMOディスク107はスピンドルモータ195によって回転させられて、一組のフライングMOヘッド106の間に空気力学的揚力を発生して、この一組のフライングMOヘッド106が、一組のMOディスク107の上側及び下側表面の上部およそ15マイクロインチのところに浮揚した状態を維持する。この揚力は、一組のサスペンション130によって加えられる、大きさが同じで向きが逆のスプリング（ばね）による力によって対抗される。非動作時の間は、一組のフライングMOヘッド106は、一組のMOディスク107の表面から離れた、静止した

格納状態に維持される。

システム100は、さらに、レーザー光学アセンブリ101、光学スイッチ104、及び一組の単一モードPM光ファイバ102を備えている。この一組の単一モードPM光ファイバ102の各々は、一組のアクチュエータアーム105及び一組のサスペンション130のそれぞれ一つを介して、一組のフライングMOヘッド106の各一つにそれぞれ結合することができる。簡単に説明すると、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400は、従来技術に比較して、面記録密度の高い光磁気記録媒体へのアクセスを改善し、フライングヘッドの重量及びサイズを低減し、ディスクアクセスタイムを向上させ、必要な光学部品を少なくし、及び所定の容積内で動作させることが可能な記憶ディスクの数を増加させることができる構成において、一組のフライングMOヘッド106に使用される。

図8は、図7の光磁気データ記録及び再生システムのレーザー光学アセンブリの一実施態様を示す図である。レーザー光学アセンブリ101は、可視または近紫外線周波数領域内で動作し、一組のMOディスク107を使用して読み出し及び書き込みを行うために十分な光学的パワーを放射する、直線偏光ダイオードレーザー源231を備えている。ある実施態様では、レーザダイオード源は、RF被変調レーザ源とすることができる。別の実施態様では、直線偏光レーザ源231は、DFBレーザ源とすることができる。代表的な実施態様では、直線偏光レーザ源231は635～685nmの範囲で動作するが、他の周波数のレーザ源を使用することもできる。レーザー光学アセンブリ101は、さらに、平行化光学系(collimating optics)234、低波長分散漏れビームスプリッタ(low wavelength dispersion leaky beam splitter)232、及び結合レンズ233を備えている。レーザ光学アセンブリ101は、(直線偏光レーザ源231から)直線偏光レーザビーム191(図7に示す)を光学スイッチ104に向ける。レーザ光学アセンブリ101は、さらに、1/4波長板238、ミラー235、及び偏光ビームスプリッタ232を備える。第1の実施態様では、直線偏光反射レーザビーム192(図7に示す)は、光学スイッチ104によって結合レンズ233に向けられ、漏れビームスプリッタ232に

よって、1/4波長板238、ミラー235、及び偏光ビームスプリッタ239からなる、差分検出器に送られる。第2の実施態様では、レーザ光学アセンブリは上記のように機能するが、さらに、レーザ源231とコリメーティングレンズ（平行化用レンズ）234の間に光学分離器297を備える。当該技術において十分に確立されているように、このタイプの差分検出方式では、反射レーザビーム192の2つの直交偏光成分の光学パワーを測定するが、差分信号は、一組のMOディスク107の一方の表面におけるカー効果によって生じる偏光面の回転の高感度の尺度となる。いずれの実施態様においても、一組のフォトダイオード236による変換後、差分信号は、差分増幅器237によって処理され、信号294として出力される。入射レーザビーム191を導き、反射レーザビーム192を検出するための他の技法が当該技術においてよく知られているように、本発明は、光学部品及び光源の配列について上述のものに制限することを意図してはいない。

図9は、DFBレーザ源を含む代表的な光学パス（光路）を示す図である。好ましい実施態様では、図9に示す代表的な光学パスには、光学スイッチ104、一組の単一モードPM光ファイバ102の一つ、及び一組のフライングMOヘッド106の一つが含まれている。光学スイッチ104は、（レーザ源231に関する）入射レーザビーム191を、それぞれの単一モードPM光ファイバ102の各近接端部の方に向けるのに十分な選択感度を有する。入射レーザビーム191は、さらに、単一モードPM光ファイバ102によって、遠い方の各端部を出て、フライングMOヘッド106を通過して、各MOディスク107の表面記録層349上に導かれる。好ましい実施態様では、入射レーザビーム191は、DFBレーザ源である直線偏光レーザ源231によって提供される。分布帰還（DFB）ダイオードレーザ源は、RF被変調ファブリーペロダイオードレーザとは異なり、レーザ共振器内の波長選択格子要素を使用することにより、極めて狭帯域の単一周波数出力を生成する。DFBレーザ源であるレーザ源231から、直線偏光された光が単一モードPM光ファイバ102内に放射される場合は、光ファイバを出てゆく光はファイバ軸と入射偏光の間の相対的な配向に依存する偏光状態を有し、さらに、出力の偏光状態は、フ



ファイバの複屈折を変える外乱が無視できる程小さい限り、時間的に非常に安定である。この振る舞いは、スペクトル出力における高い周波数の変動によって特徴づけられるRF被変調ファブリーペロダイオードレーザ源で観察されるものとは対照的である。RF被変調レーザ源では、直線偏光された光が単一モードPM光ファイバ102内に放射されると、レーザ波長のゆらぎ（変動）によって、ファイバの出力においてそれに対応する偏光のゆらぎが発生する。この発生した偏光ノイズは、入射光が、ファイバの軸の一つと位置合わせされた偏光軸で放射されるときに最小化されるが、この場合でさえも、この偏光ノイズは、波長に依存するモード結合による、対応するDFBレーザの場合よりも大きいものである。（PMファイバにおけるモード結合は、それによって、一つの偏光軸にそって導かれる光のわずかな部分が、その直交軸に、固有の欠陥あるいは応力低減（stress-induced）による欠陥によって結合される現象である）。MO記録においては、SNR（SN比）を20～25 dBの範囲にすることができるよう、偏光ノイズを最小に維持することが重要である。従って、DFBレーザ源を使用する場合には、単一モードのPM光ファイバ102を、MOディスク107への信号光の送出、及びMOディスク107からの信号光の戻り用に利用すれば、光磁気（MO）データ記録及び再生システム100におけるSNRについてこのレベルを実現することができる。

情報書き込みの間、入射レーザビーム191は、光学スイッチ104により経路を選択されてMOディスク107に送られ、対象とする選択ポイント340を、少なくともMO記録層349のキュリー温度まで加熱することによって、この表面記録層349の保持力を低下させる。好ましくは、入射レーザビーム191の光学的な強度は一定に保持され、一方、時間変化する垂直バイアスの磁界が、MOディスク107に垂直な「上向き」または「下向き」の磁区（magnetic domain）を画定するために使用される。この技法は、磁界変調（MFM）として知られている。代替的には、磁区壁の位置をより良好に制御し、磁区の縁のジッタを低減するために、対象とするスポット340での時間変化する垂直バイアス磁界に同期して、入射レーザビーム191を変調することができる。次に、この選択された対象とするスポット340が、表面層349で冷やされ

ると、情報がそれぞれの回転ディスク107の表面で符号化される。

情報の読み出しの間、入射レーザービーム191（書き込み時に比べて強度は低い）は、経路を選択されてMOディスク107に送られ、対象とする任意の所定スポット340で、カー効果により（表面層349からレーザービーム191が反射するときに）、反射レーザービーム192が、対象とするスポット340での磁区の極性に従って、時計回りか反時計回りのいずれかの向き363に回転した偏光を有するようにされる。

上述の光学パスは、実際には双方向である。従って、反射レーザービーム192は、フライングMOヘッド106を介して受け取られて、単一モードPM光ファイバ102の遠い方の端部に入る。反射レーザービーム192は、単一モードPM光ファイバ102に沿って伝わり、その近い方の端部から出る。そして、光学スイッチ104によって経路を選択されて、次の、信号294への変換のためにレーザー光学アセンブリ101に伝送される。

図10a～dは、それぞれ、光磁気ヘッドの上面図、側面図、正面図、及び側面図を示す図である。一組のフライングMOヘッドは、単一の代表的なフライングMOヘッド106に関して説明することができる。図10a～cでは、単一の代表的なフライングMOヘッド106は、一組の回転MOディスク107の一つの、表面記録層349の上部または下部にそれぞれ配置されている。好ましい実施態様では、フライングMOヘッド106は、スライダ本体444、空圧支持表面（air bearing surface）447、透過型1/4波長板493、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400、対物レンズ光学系446、及び磁気コイル460を備える。典型的な実施態様では、磁気コイル460は、磁界を発生させるために、空圧支持表面447の近くに配置された微小な複数巻きのコイルである。この磁界は、両方の極性においてほぼ300エルステッドであり、反転時間は約4 nsであり、回転MOディスク107の面にほぼ垂直である。好ましくは、磁気コイル460は、ディスクに向かう及びそれから反射されるレーザービーム191及び192が、フライングMOヘッド106を通して回転MOディスク107に向かう間、またはその逆の間に、それを妨害するものであってはならない。スライダ444の大きさは、業界標準の「ミリ」、

「マイクロ」、「ナノ」、または「ピコ」スライダの大きさを含むように特徴づけることができる。フライングMOヘッド106を構成する前述の構成要素の物理的な寸法及び／または光学特性によって決まるが、代替の大きさのスライダ本体444を使用することもできる。従って、好適な実施態様では、スライダ本体444は、およそ889 $\mu$ mの高さ、及びナノスライダ(2032 $\mu$ m $\times$ 1600 $\mu$ m)のものに相当する設置面積を有するものとすることができる。典型的な実施態様では、1/4波長板493は、一辺がほぼ250 $\mu$ mの正形状であり、厚さがほぼ89 $\mu$ mであり、対象とする波長での位相遅れが約90(±3)度である。単一モードPM光ファイバ102は、好ましくは、フライングMOヘッド106に結合され、V字溝(v-groove)443、または他の適切な大きさのチャンネルによって、スライダ本体444の軸に沿って保持される。単一モードPM光ファイバ102は、V字溝443内に配置されて、好ましくは、最適に焦点合わせを施された光学スポット448を生じるように入射レーザビーム191を導く。単一モードPM光ファイバ102は、次に紫外線硬化エポキシ(ultraviolet curing epoxy)または同様な接着剤を使用することによって、所定の位置に固定することができる。V字溝内でPM光ファイバ102を使用することによって、入射レーザビーム191を、反射性の中央のミラー部420の小さな領域に正確に位置合わせして、照射することができる。向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400、1/4波長板493、対物レンズ光学系(objective optics)446は、好ましくは、スライダ本体444の長形状の外形状を近似することによって画定される物理的な容積内に収まるよう、コンパクトで軽量ではあるが、ディスクに向かう及びそこから反射するレーザビーム191及び192において失われるパワーが最低で、かつ重大な歪み及び収差が導入されないように、これらのレーザビーム191及び192の全断面部を導くように十分に大きなものでなければならない。

向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400の反射性の中央のミラー部420は、代表的な光学パス内で位置合わせされて、入射レーザビーム191を対物レンズ光学系446及び1/4波長板493を通して導き、反射レーザビーム192を、MOディスク107から図8のレーザ光学アセンブリ10

1に導く。対物レンズ446は、開口数(NA)がほぼ0.67のマイクロレンズとすることができる。波長650nmでの典型的な実施態様では、マイクロレンズは、ほぼ0.54 $\mu$ mの半波高全幅値強度(FWHM)を有する光学スポット448に焦点を合わせる。マイクロレンズは、単純でコンパクトな円筒形状のGRIN(屈折率分布型)レンズ446とすることができる。円筒形状にすることにより、スライド本体444内に設けられる開口部を収容する単純な円筒形レンズ内に、レンズ446を簡単に挿入することができる。球面収差を最小にし、回折限界合焦(diffraction-limited focusing)を実現するために、GRINレンズ446は、凸面が単純な球状である平凸レンズとなるように研磨することができる。GRINレンズ446の所望の厚さ及び曲率半径は、PM光ファイバ102の開口数、及び所望の焦点合わせを施された光学スポット448のサイズを含むいくつかの要因の関数である。典型的な実施態様では、GRINレンズ446の高さはほぼ350 $\mu$ m、曲率半径はほぼ200 $\mu$ mであり、レンズの直径はほぼ250 $\mu$ mとすることができる。最適な焦点合わせはGRINレンズ446の平面側で起こり、好ましくは、ほぼ25マイクロインチの焦点深度を有する。空圧支持表面447の浮揚する高さが、好ましくは、ほぼ15マイクロインチの値に維持されるので、フォーカシングサーボ(焦点合わせ用サーボ)は、必ずしも必要ではない。

代替の実施態様では、本発明は、直線的に調整可能な光学部品495(図10b及び10dに示す)を含むことができる。直線的に調整可能な光学部品を単一モードPM光ファイバ102と反射性の中央のミラー部420の間の光学パス内に配置して、入射レーザビーム191が単一モードPM光ファイバ102を出るときに、この入射レーザビーム191を光学的に変化させることができる。典型的な焦点位置486、487、及び488を含むように、光学スポット448を合焦させることができる。従って、多層MOディスクを使用することができる。典型的な光学パスに沿った光学部品495の直線的な動作は、移動手段433をスライド本体444に、及び、光学部品495を収容する取り付け台に、例えば、微細加工されたアクチュエータ、マイクロモータ、または直線動作が可能な圧電変換器を使用して結合することによって実現できる。

代替的には、電氣的に制御された焦点を有する単一の自動焦点レンズ (dynamic focusing lens) を、直線的に調整可能な光学部品495の代わりに使用することができ、それによって移動手段が不要となる。そのようなレンズは、例えば、液晶または電気光学的なPLZTコーティングと組み合わせたホログラフィックレンズ (holographic lens) 部品から構成することができる。可変の焦点を設ける他の可能なアプローチは、スライダ本体444上に、MOディスク107の面に垂直な直線方向に対物レンズ446を移動させるための微細加工されたアクチュエータを設けることである。微細加工されたアクチュエータは、また、単一モードPM光ファイバ102を横、縦、及び長手方向に位置付けするために使用することができ、従って、スライダ本体444上の他の光学部品に対する単一モードPM光ファイバ102の移動及び位置合わせの手段を提供することができる。いくつかのマイクロアクチュエータの設計が、1991年の個体状態センサ及びアクチュエータ (Solid-State Sensors and Actuators) に関する国際会議で、W. Benckeによる「Silicon-Micro-actuators: Activation Mechanism And Scaling Problems,」の46頁乃至50頁で、及びその中で参照している論文で参照されている。

単一モードPM光ファイバ102は、その光学軸に沿った深さ方向の高い解像度、及び横方向に向上した解像度を有する共焦点光学システムの開口部として機能する。この横方向に向上した解像度によって、非共焦点システムに比較して、微小な磁区の配向の検出だけでなく、磁区の縁の検出も改善される。深さ方向の高い解像度により、多層レベルの記憶媒体を使用する場合の、間隔がごく近接した表面記録レベル間のクロストークが最小化される。本発明の共焦点性から生じる他の利点は、対物レンズ446から反射されるそれた光は、フィルタリングされて除去されるということである。

光磁気記録及び再生システム100で使用されるときに、高精度のトラッキング及び近くのトラックへの短時間のシーク動作は、入射レーザビーム191の伝達角度が、対物レンズ446に届く前に変化するように、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400の反射性の中央のミラー部420を、回転軸のまわりに回転させることによって実現される。反射性の中央のミラー部4

20は、駆動電極402及び403に差動電圧を印加することによって回転される。電極402及び403の差動電圧により、反射性の中央のミラー部420をヒンジ410のまわりに回転させる静電的な力が発生し、焦点の合った光学スポット448が、MO媒体107上の半径方向450に移動することができるようになる。典型的な実施態様では、中央のミラー部420は、ほぼ±2度回転するが、これは、MOディスク107の表面においてほぼ±4トラックに相当する。典型的な実施態様では、±4トラックの移動が開示されるが、前記した向き可変の微細加工されたミラー400の所望の性能特性に応じて、±4トラックより多い、または少ない移動の範囲もまた可能であることは明らかである。従って、MOディスク107を横断する焦点の合った光学スポット448の移動、及び反射レーザビーム192の検出を、情報の記録と再生、トラック追跡、及び一つのデータトラックから別のデータトラックへのシークに使用することができる。大まかなトラッキングは、回転アクチュエータマグネット及びコイルアセンブリ120（図7）への電流を調整することによって維持することができる。MOディスク107の特定のトラックを追跡するために使用されるトラック追跡信号は、当該技術分野において良く知られている、大まかな（粗い）トラッキングサーボと高精度のトラッキングサーボ技法の組み合わせを使用して得ることができる。例えば、サンプリングされたセクタサーボフォーマット（sampled sector servo format）を使用して、トラックを画定することができる。サーボフォーマットは、MOディスク107に刻印された浮き彫り形のピット、またはデータマークと同様な読み出される磁区の配向のいずれかを含むことができる。浮き彫り形のピットを使用する場合は、差動出力回路237を補助するために、加算出力回路を使用することができる。当業者には認識されることであるが、多重磁気ディスク形ウィンチェスタ磁気ディスクドライブは、一体の装置として協調して移動する、一組のそれぞれのサスペンションとアクチュエータアームを使用する。従って、そのような一体型の装置の各フライングヘッドは、他のフライングヘッドに対して固定されるので、特定の磁気ディスク表面をトラック追跡する間は、他の磁気ディスク表面のトラックを同時に追跡することはできない。これとは対照的に、一組のアクチュ

エータアーム105及び一組のサスペンション130の動きに関係なく、一組の向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400を独立に動作させるために使用することができ、これによって、2つ以上のMOディスク表面を任意の所定時間に使用して、情報を読み出すために及び／または情報を書き込むために、トラック追跡及びシークを行うことが可能となる。一組の同時に動作する向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400を使用してトラック追跡及びシークを独立して行うためには、好ましくは、一組の別々の各読み出しチャンネル、高精度の追跡用電子機器回路、及びミラー駆動電子機器回路が必要とされる。前述の実施態様では、好ましくは、別々のレーザ光学アセンブリ101を使用することも必要であるので、別々のそれぞれの光学パス間を切り換えるための光学スイッチ104は必ずしも必要ではない。

図11は、RF被変調レーザ源を含む典型的な光学パスを示す図である。本発明の一組の光学パスは、単一の典型的な光学パスを参照して説明することができるが、それは、図11に示すように、反射性の基板（反射基板）420、1/4波長板493、対物レンズ光学系446、及び単一モードPM光ファイバ102を備えている。RF被変調レーザ源231を使用する実施態様では、単一モードPM光ファイバ102は、第2のセグメント599に結合された第1のセグメント598から構成されており、それぞれのセグメントは速軸（fast axis;  $P_x$ ）と遅軸（slow axis;  $P_y$ ）を含んでいる。第1のセグメント598の速軸は、好ましくは、第2のセグメント599の遅軸と位置合わせがされている。入射レーザビーム191は、 $O_x$ 成分と $O_y$ 成分を有し、好ましくは、第1のセグメント598の $P_x$ 軸及び $P_y$ 軸に対して、ほぼ45度の角度で直線偏光されている。また、1/4波長板493は、光学パス内で、第2のセグメント599の $P_x$ 軸及び $P_y$ 軸に対して45度の角度で位置合わせがされている。典型的な実施態様では、1/4波長板493は、一辺がほぼ250 $\mu\text{m}$ の正形状であり、厚さは約89 $\mu\text{m}$ であり、そして対象としている波長において約90（ $\pm 3$ ）度の位相遅れを有する。

当業者には認識されることであるが、第1及び第2のセグメント598及び599は、機械的な動作、温度、及び圧力から生じる外部及び／または内部の

ストレスを受ける可能性があり、これらのストレスは、第1及び第2のセグメント598及び599の光学的特性、例えば、複屈折特性に影響を与える可能性がある。従って、 $O_x$ 及び $O_y$ 偏光成分が、第1及び第2のセグメント598及び599を通して伝達するときに、 $O_y$ 成分は $O_x$ 成分に対して位相 $\phi$ だけシフトする。偏光成分 $O_x$ 及び $O_y$ は、第2のセグメント599の遠方の端部を出て、反射基板420によって反射され、1/4波長板493の表面に入射する。 $O_x$ 及び $O_y$ 成分は、好ましくは、反射基板420の金製の表面から（互いの3%内に）均一に反射される。 $O_x$ 及び $O_y$ 成分が1/4波長板493を通過するときに、 $O_x$ 成分は左まわりの円偏光に、 $O_y$ 成分は右回りの円偏光に変換され、2つの円偏光が加え合わされて、好ましくは、位相シフト $\phi$ に依存する偏光角度を有する入射直線偏光になる。この入射直線偏光は、MOディスク107から反射され、カー効果によって回転させられて、 $\phi + \Delta$ に等しい円偏光成分間の正味の位相シフトを有して戻される。ここで、 $\Delta$ はカー効果によって導入される位相シフトである。MOディスク107からの反射によって、それぞれの円偏光の向きが反転され（すなわち、左まわりが右まわりに、右まわりが左まわりになる）、そのために、1/4波長板493を2回目に通過するときには、右まわりの成分は直線偏光成分 $T_x$ に変換され、左まわりの成分は直線偏光成分 $T_y$ に変換される。反射レーザービーム192の $T_x$ 及び $T_y$ 偏光成分は、好ましくは、入射レーザービーム191の $O_x$ 及び $O_y$ 偏光成分に対して90度回転され、 $T_x$ 成分は、 $T_y$ 成分に対して $\phi + \Delta$ の位相シフトを示す。当業者には理解されることであるが、PM光ファイバを通る光学的な通過時間が5 nsよりも短い、典型的な実施態様では、PM光ファイバの複屈折は容易に検知できるほどには変化しない。従って、反射レーザービーム192の $T_x$ 偏光成分は、第2及び第1のセグメント599及び598を通して伝達し、 $T_y$ 成分は $T_x$ 成分に対してさらに $\phi$ だけ位相がシフトする。この方法では、第1のセグメント598の近い方の端部を出た後、反射レーザービーム192の $T_y$ 偏光成分は、 $T_x$ 偏光成分に対して、好ましくは、カー効果による位相 $\Delta$ のみだけ位相シフトされる。ファイバから出てくる偏光状態は楕円状であり、レーザー光学アセンブリ101の1/4波長板493によって変換されて、



好ましくは、 $\Delta$ に比例する偏光角度の直線偏光を有する。次に、対象とするスポット340に記録された情報を出力信号294として表すために、直線偏光が検出されて変換される。本発明は、第1及び第2のセグメント598及び599によって導入される複屈折の効果を最小化するが、 $1/4$ 波長板493もまた、反射基板420の反射表面の光学特性によって導入される位相シフトを最小化する。さらに、 $1/4$ 波長板493は、反射基板420の後に光学パス内に配置されるものとして開示されているが、代替の実施態様では、 $1/4$ 波長板を、対物レンズ光学系446とMOディスク107の間に配置することもできる。

本発明では、RF被変調レーザダイオードからなるレーザ源231（図8）を使用することにより、反射レーザビーム192の光学的フィードバックのレーザダイオードへの影響を低減することができるということがわかる。当業者には認識されることであるが、RF被変調ダイオードは単一の波長では動作せず、（典型的には10nmの帯域幅を有する）マルチモードスペクトル特性を有するレーザ光の光源として動作し、また、 $1/4$ 波長板493をレーザ源231の帯域幅にわたって動作するように特徴づけることによって、各 $\lambda$ に対して対応する位相シフトを最小化することができる。しかしながら、入射レーザビーム191のO<sub>x</sub>及びO<sub>y</sub>成分が、第1のセグメント598のP<sub>x</sub>及びP<sub>y</sub>軸に対して45度で最適に位置合わせされていない場合、及び／または $1/4$ 波長板493が正確に $1/4$ 波長特性でない場合、及び／または光学パス内の他の光学部品が位置合わせされていない場合には、位相シフト $\phi$ 及び、従って、それが出力信号294に生成するRFノイズ成分は、レーザ源231の波長のゆらぎに依存して現れるということが、当業者には認識されるであろう。従って、実際には、システム100の光学部品の位置合わせは、限られた精度の角度でのみなされるので、RF被変調レーザ源231の波長のゆらぎによって、出力信号294の信号対ノイズ比が劣化するであろう。

本発明では、第1のセグメント598の速軸を、第2のセグメント599の速軸に直角に回転させることによって、レーザ源231の波長のゆらぎによって生成されるRF位相ノイズは、同相モード方式で相殺することができるとい

うことを認定している。第1及び第2のセグメント598及び599は、対象とする周波数で動作するように選定された、市販の単一モードPM光ファイバ102から構成することができる。第1のセグメント598は、当該技術分野においてよく知られた融着接続技法を使用して、第2のセグメント599に結合され、第1のセグメント598の速軸は、好ましくは0.5度以内の角度で、第2のセグメント599の遅軸に位置合わせされる。さらに、第1及び第2のセグメント598及び599は、好ましくは、同じ光ファイバの製造ロットから選定され、好ましくは、1mm以内の精度で同じ長さのものである。第1及び第2のセグメント598及び599のそれぞれを波長 $\lambda$ で伝搬する直線偏光された光が受ける位相シフトは、 $2\pi bL/\lambda$ に比例する（ここで、 $b$ はPM光ファイバの複屈折であり、 $L$ はPM光ファイバの長さである）ということ、当業者は理解するであろう。従って、波長 $\lambda$ におけるゆらぎは、位相シフトにおいて対応するゆらぎを生じる。PM光ファイバ102の第1及び第2のセグメント598及び599の速軸を互いに直角に位置合わせすることによって、及び2つのセグメント598及び599がほぼ同じ長さのものであるように選択することによって、2つのセグメントによって光学パスに導入される正味の複屈折はほぼゼロになり、従って、位相シフト $\phi$ はほぼゼロで、波長に依存しないものとなるであろうということ、本発明は認定する。実際には、0ではない正味の複屈折は、第1及び第2のセグメント598及び599の長さの違いに比例し、それゆえ、従来技術に比べて、出力信号294のRF位相ノイズは低減されるであろう。RF被変調レーザ源231を使用する実施態様では、第1及び第2のセグメント598及び599の代わりに、長さ1メートルの切れ目のないPM光ファイバを使用する（不図示の）実施態様に比べて、出力信号294の信号対ノイズ比は、ほぼ40dB改善される。

図12は第2の実施態様における、図11の典型的な光学パスを示す図である。図6に示す第2の実施態様では、ZnS（高い屈折率）及びSiO<sub>2</sub>（低い屈折率）部材が交互に重なった層からなる多層スタック646が、反射基板420に被着される。図13は、全部で12の層を有する典型的な実施態様について、各層の厚さを示したものである。第2の実施態様では、低い入射角での

反射率を改善するために、金の厚い層が、反射基板420の第1の層に被着される。この層の厚さは、反射基板420からの平均反射率が、好ましくは95パーセントより大きくなるように、及び、多層スタック646への直線偏光された光源の入射光（入射角45（±10）度以内）の反射成分が、90（±1）度の位相遅れを受けるように、反射基板420に被着される間制御される。この典型的な実施態様は、制限することを意図して示したものではなく、他の動作波長の、及びそれぞれが異なる厚さをもつ異なる数の層を、反射基板420に被着することができる。第2の実施態様では、多層スタック646は、1/4波長板として機能する。1/4波長板の有効な速軸689は、好ましくは、第2のセグメント599のP<sub>x</sub>及びP<sub>y</sub>軸に対して、光学パス内で45度の角度で位置合わせされる。従って、第2の実施態様では、多層スタック646は、入射レーザビーム192のT<sub>x</sub>及びT<sub>y</sub>成分間に複屈折により誘導される位相シフトを低減するよう機能する。設計に使用される材料は、好ましくは複屈折を生ずるものではないので、位相遅れも反射率も入射光の角度（azimuth）に依存しない。フライングMOヘッド106上の個別の光学部品（すなわち、別々の1/4波長板493）の数を少なくすることによって、第2の実施態様の1/4波長板多層スタック646は、高速のシーク及びデータ転送速度、及び単位容積あたりの増加したデータ記憶容量を有する軽量で小さい光学パスを実現する。本発明を、偏光を変える要素（すなわち1/4波長板）の一つのタイプについて説明してきたが、当業者は、レーザ光学アセンブリ101の検出光学系に適切な変更を行うことによって、他のタイプの偏光を変える要素、例えば、ファラデー回転子（faraday rotator）をフライングMOヘッド106上に使用することができるということを認識するであろう。

今度は、図14及び15を詳細に参照するが、図10の光磁気データ記録及び再生システム100は、フライング光磁気ヘッド106を備えた向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400を組み込むことによって、MOディスク107を横断する焦点合わせをされたレーザ光のビームを、高速で移動させる能力を提供する。図10に示すスライダ本体444に関しては、ミラー支持部453を、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400の接続部とし

て設けることができる。ミラー支持部453は、隆起した電極用パッド451及び452を含むが、これらは、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400上に配置された一組の対応するパッド404及び405（図2参照）に、差動電圧を加えるための電氣的な接触ポイントを提供するものである。代替的には、直接のワイヤー結合技法を電極402及び403への接続を行うために使用して、結合パッド404及び405を設ける必要をなくし、及びこれによって、電極用パッド451及び452に位置合わせするための付随するステップを省くことができる。図示した特定の実施態様では、ミラー支持部453はさらに、アクセス用穴（access hole）461及び462を備えており、これによって、単一モードPM光ファイバ102から反射性の中央のミラー部420（図では隠れて見えない）に、そして次に、MOディスク107の表面に、障害物のない光学パスを提供することができる。ミラー支持部453は、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400に、光ファイバ102からの光学パスに対して45度の角度だけ回転した支持表面を提供する。当業者は、任意の数の技法を使用して、例えば、スライド本体444及びミラー支持部453を別々に微細加工し、次に、2つの部品を接着剤で結合することによって、ミラー支持部453をスライド本体444に取り付けて製造することができる、ということを理解するであろう。

向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400に対する45度の支持角度は、他の技法を使用して、例えば、ミラーアセンブリ400を、適切な大きさのステップ（階段）493及び494を備えた、適切な大きさのスライドに立てかけることによって設けることができる。別の実施態様では、スライド本体を45度傾斜したエッジを設けるように製造することができ、このエッジに沿って、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400を配置することができる。さらに他の実施態様では、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400、スライド本体444、及びPM光ファイバ102を保持するためのV字溝454を、一つの一体化した部品からなるフライングMOヘッドとして微細加工することができる。一体型の微細加工されたフライングMOヘッドにより、MOディスク107上に光学スポット448（図10cに示す）を正確

にフォーカシング（焦点合わせ）するために必要な、製造前及び製造後の調整の量を減らすことができる。スライダ本体444もまた、前述の微細加工されたアクチュエータを一体化要素として含むように微細加工することができる。

図16には、図7に示した光学スイッチの実施態様を詳しく示している。光ファイバスイッチ104は、光磁気システム100内の小さな容積だけしか必要としないように、小さなものである。光学スイッチは、好ましくは、一組の単一モードPM光ファイバ102とレーザ光学アセンブリ101を含む、一組の光学パスを高速に切り換える。好適な実施態様では、光学スイッチ104は、上部シリコン基板350、微細加工されたリニアマイクロモータ321、微細加工されたミラー314、及びほぼ平行に隔置された横方向に撓むことが可能な部材（可撓性部材）323及び324から構成される。可撓性部材323及び324の隔置された隣接する端部は、マイクロモータ321の可動出力部と基板350上の定位置にそれぞれ結合される。可撓性部材323及び324の反対側の隣接する端部は、マイクロミラー314上の隣接する隔置された位置に接続されて、基板350の上部表面に対してほぼ垂直な向きに回転軸を設ける。可撓性部材324は、横方向に移動可能な可撓性部材323に対して横方向に固定された基準となる機械的な支持台を提供する。好適な実施態様では、一組の光ファイバ102の出口は、それぞれの光軸が基板350に対して平行に角度的にずれるように、及びミラー314に対してほぼ放射状に向くように配置される。レーザ光学アセンブリ101からの自由空間を通る入射レーザビーム191は、基板350に形成された開口部に向けられる。図16に示すように、入射レーザビーム191はこの開口部を通り、それに位置合わせされたGRINレンズ329を通過して、ミラー314の反射面に導かれる。GRINレンズ329は、好ましくは、基板350のエッチングされた溝の中に配置される。GRINレンズ329から出ると、レーザビーム191はマイクロミラー314によって反射される。

適切な電位がマイクロモータ321に印加されて、入射レーザビーム191がマイクロミラー314から反射されて、一組の光ファイバ102の中の選択された一つに導かれる。マイクロモータ321は、可撓性部材323に運動

(両方向矢印322で示す)を伝え、マイクロミラー314をその回転軸のまわりに回転移動させることによって、可撓性部材324に対してその運動を伝える。これによって、マイクロミラー314は、両方向矢印370で示す基板350の面に平行な向きに角度運動の自由度を有することになる。

マイクロミラー314の角位置は、マイクロモータ321に印加される電位によって決まり、入射レーザビーム191は、GRINレンズ329によって、ミラー314の反射面から数ミクロンの一組のポイントの一つに焦点を合わせられる。好ましくは、これらのポイントは、単一モードPM光ファイバ102のそれぞれの近い方の端部に対応する。ミラー314の回転運動の範囲は、好ましくは、入射レーザビームをPM光ファイバ102の任意の一つに導くのに十分なものである。上記の面内回転370により、一つの段階の偏向及び調整が得られるが、マイクロミラー314の面外運動によって、別の段階の偏向及び調整を得ることができ、それについては、図17a、17bを参照して説明する。

図17a及び17bには、支持部412、パターン成形された第1の絶縁酸化物層の「ヒンジ」部416、導電層パターン425、パターン成形された第2の絶縁酸化物層部418、及び反射表面415をさらに備えた光学スイッチ104が示されている。好ましい実施態様では、反射表面415は、金のような金属としてマイクロミラー314の表面に被着される。マイクロミラー314の両側のそれぞれのエッジは、支持部412の対応するエッジに、それぞれ一方のエッジでは絶縁体部416によって、他方のエッジでは絶縁体部418によって結合されている。絶縁体部416及び418はいずれも、マイクロミラー314を支持部412から電氣的に絶縁し、及びミラー314と支持部412の間に構造支持部 (structural support) を提供するという2つの機能を提供する。

絶縁体部418は、導電体425と組み合わせられてパターン化されており、図17bの断面図に示す一体形成された平行な横方向のセグメント418a、b及び425a、bからなる、横切って延びる長方形の環状フレームを形成する。セグメント418a、b及び425a、bは、ミラー314と支持部41

2のそれぞれの隣合うエッジに接触して形成される。絶縁体部418と導電体4

25は、マイクロミラー314と支持部412の横方向の範囲を越えて横方向に延びるセグメント418d、e及び425d、eを形成し、マイクロミラー314のそれぞれの隣り合うエッジの、支持部412の対応するエッジに向かう及びそれから離れる運動に対して、弾性を有する支持部になる。

マイクロミラー314の上部に、及び導電体425の下部に延びる絶縁体部418は、導電体425がマイクロミラー314と第1の電氣的接続を行えるようにする（不図示の）給電用スルーホールを備えている。支持部412への第2の電氣的接続は、可撓性部材324を介して行われる。従って、導電体425と可撓性部材324の間に電位を印加することによって、マイクロミラー314と平坦な支持部412を充電することができる。適切な充電がされると、マイクロミラー314と支持部412の間に静電氣的な力が形成される。この静電氣的な力によって、マイクロミラー314は、回転480として示す方向において、支持部412から離れたりまたはそれに向かう向きに、絶縁体の「ヒンジ」部416によって構成される軸に沿って傾けられる。

C字形の両平面セグメント418d、e、及び425d、eは、マイクロミラー314と支持部412の間の静電氣的な力を相殺するための中心に向かう復元力を与えるために、好ましくは弾性を有している。マイクロミラー314及び支持部412の間の任意の所定の電位に対して、この復元力は角変位480を制限する。結果的に生じるマイクロミラー314の回転480は、反射表面415に入射するレーザビームを、支持部412の面の垂線に対して数度だけその向きを変えるために使用することができる。

次に図16及び17a、bを参照すると、ヒンジ部416の軸のまわりのマイクロミラー314の回転により、反射レーザビーム192を、回転370にほぼ直角な方向における基板350の面外に向けることができ、それによって、入射レーザビーム191を、所望のPM光ファイバ102の中心に向けるための2段階の調整を設けることができる。当業者は、上記説明から類推して、光学スイッチ104は、反射レーザビーム192をレーザ光学アセンブリ101に向けて戻すように作用することもできるということを認識するであろう。

入射レーザービーム191のPM光ファイバ102に対する位置合わせ不良を表す、進路及び／または高精度の位置調整信号を与えることによって、支持部に対してマイクロモータ321及びマイクロミラー314を移動させて、入射レーザービーム191がPM光ファイバ102の中心に対して高精度に位置合わせがとれた状態を維持することができる。典型的な実施態様では、進路調整信号は予め校正された値からなるルックアップテーブルを使用することによって得ることができる、高精度位置合わせ信号は、反射レーザービーム192の振幅を測定することによって得ることができる。調整信号は、高精度の位置合わせを維持するために閉ループフィードバック信号として加えることができる。

次に図18～20を参照すると、いろいろな製造段階にある光学スイッチ104が図示されている。好ましい実施態様では、シリコン結合 (silicon bonding) とディープリアクティブイオンエッチング (DRIE; Deep Reactive Ion Etching) 技法が、光学スイッチ104を構成する微細構造を製造するために使用される。DRIE処理技法によれば、高いアスペクト比の溝、チャンネル及び他の形状を、シリコン基板350の中にイオンエッチングにより反応させて造りこむことができる。このように、DRIE処理は、光ファイバの位置調整構造だけでなく、光学的な偏向及び誘導機構をも製造するために使用される。DRIE処理を制御して、なめらかで、基板表面にほぼ垂直なエッチングされた側壁を作ることができる。

前記したように、光学スイッチ104は、マイクロモータ321、可撓性部材323及び324、ミラー314、支持部412、導電体425、絶縁体部416及び418、そしてシリコン基板350を備えている。光学スイッチ104はさらに、下部のシリコン基板551を備えている。製造の第1段階として、浅いエッチングされたギャップ552が下部のシリコン基板551の上部表面に設けられる。この後、ギャップ552は、可撓性部材323及び324、マイクロミラー314、及び支持部412の移動のための隙間を与える。製造の次の段階として、両平面酸化物層 (biplanar oxide layer) 418とそれを覆う金属層425が、基板350の外側表面に形成される。酸化物層416は基板350のそれと反対側である内側表面に形成される。酸化物層553は、



基板551の(酸化物層416に向かい合う)表面に形成される。層553は、底部基板551の上部表面上に形成されて、その後、2つの基板350と551の間の溶融結合の境界面555となる。

次に、酸化物層416は、図17aに示す酸化物のヒンジ軸を設けるためにパターン形成される。結合のステップの後で、基板350と基板551の向かい合う表面は、融着境界面555で結合される。続く、マスキング及びDRIEのステップで、基板350からシリコンが除去されて、隙間領域554、556、558、及び560(図19に部分的に完成した状態で示されている)が形成される。この隙間領域は、マイクロミラー314、支持部412、及び隔置された平坦な可撓性部材324及び323(この図では重なっている)を画定する。境界面555における酸化物層553は、基板551の表面におけるDRIEエッチングステップを阻止する働きがあり、光ファイバを光学スイッチ104の他の微細構造に位置合わせするための正確な深さを形成する。

さらに、パターン形成された絶縁体及び金属領域が、上部の基板ウェーハ350の上部すなわち外側に面する表面上に設けられる。これらの絶縁体及び金属領域下部のシリコンは、絶縁体418及び導電体425の部分形成のために、好ましくは、湿式またはプラズマ等方性エッチング(wet or plasma isotropic etch)ステップでエッチングされる。DRIEパラメータを少しだけ調整することにより、横方向の下部エッチング(underetching)を少しだけ取り入れて、マイクロミラー314、支持部412、及び可撓性部材323、324を形成する酸化物層418のこれらの部分の下部のシリコンは、ほぼ元のままの状態としたまま、細長く延びた絶縁体及び導電体の領域(図17aに可撓性の延長部418d、e及び425d、eとして示されている)の下部のシリコンを除去することができる。マイクロミラー314、支持部412、及び可撓性部材323、324を作るのと同時に、光ファイバの調整ガイドを基板350内にDRIEによりエッチングすることができる。PM光ファイバ102は、リソグラフィーで画定されてエッチングされたガイド562内に配置され、好ましくは、光学スイッチ104の他の微小な機械的構造部に位置合わせされる。

図20では、特定のDRIEエッチング調整ガイド内に配置されたPM光ファイ

バ102を示しているが、光ファイバ調整ガイドに対して選択されるエッチングの方向は、マイクロミラー314の位置に対する入射レーザビーム191とPM光ファイバ102の間に任意の数の幾何学的関係を与えるように選択することができる。マイクロモータ321はまた、本発明で使用したシリコン溶融結合とDRIE技法を組み合わせるプロセスによって、または、例えば、薄膜ポリシリコン層の犠牲エッチング (sacrificial etching) のような当該技術分野においてよく知られた他のいくつかの技法によって製造することができる。

既に説明したように、リニアマイクロモータ321が、基板350の面内にある入射光ビームの焦点を調整する働きをし、チルティング (傾斜) 機構が基板の面外の焦点を調整する。同じ機能及び動作を提供するために、この一般的な設計及び製造コンセプトに関する他の多くの変更を実施することができる。例えば、異なる寸法関係、PM光ファイバ以外の光ファイバ、レーザ光学アセンブリ102と光学スイッチ104の間にPM光ファイバではなく自由空間経路を使用すること、レーザ源以外の光源、異なる入出力ファイバフォーマット、6個の光ファイバとは異なる数の光ファイバ、また、基板面に対する他の面内にミラーを効果的に配置するための異なる可撓性部材、絶縁体、及び金属線設計、また、静電気的技術、電磁氣的技術、または熱に関する技術を含む異なるタイプのマイクロモータ技術、また、ファイバの位置調整を行いミラー表面を作り出すためのDRIE及び従来の非等方性のエッチングの種々の組み合わせ及びマイクロモータ設計等である。

図21aは、光磁気ディスクドライブの一部としての光磁気データ記録及び再生システムを示す図である。好ましい実施態様では、光磁気システム100は、コンパクトで高速、大容量のMOディスクドライブ800を備えることができる。このディスクドライブ800は、業界標準の5.25インチハーフハイトの形状因子 (1.625インチ)、少なくとも6個の両面MOディスク107、及び少なくとも12個のフライングMOヘッド106を備える。既に説明したように、フライングMOヘッド106は、極めて軽量小型の開口数の大きい光学システムを提供する光学及び磁気部品を含むように製造することができ、これによって、MOディスクドライブ800内の非常に狭い空間で多数の

MSR MOディスク107を使用することができ、従って、従来技術の同じ容積内で許容されるものより、面積及び容積に関して大きな記憶容量を構成することができる。好ましい実施態様では、少なくとも6個のMOディスク107のそれぞれの間隔は、少なくとも0.182インチまで狭くすることができる。

図21bに示す代替の実施態様では、ハーフハイト形状因子のMOディスクドライブ800は、脱着可能なMOディスクカートリッジ部810と2つの固定内蔵MOディスク107を備えることができる。脱着可能なMOディスクカートリッジ部810を設けることによって、固定内蔵と脱着可能を組み合わせ、外部情報をMOディスクドライブ800に効率的に送り、その後に、内蔵MOディスク107に伝送することができるようになる。このコピーされた情報は、次に、他のコンピュータシステムに送るために、脱着可能なMOディスクカートリッジ部810に再び記録される。さらに、脱着可能なMOディスクカートリッジ部810は、内蔵MO回転ディスク107の非常に便利で高速なバックアップ用記憶装置ともなるものである。固定内蔵及び脱着可能な組み合わせにより、データファイルを脱着可能なMOディスクカートリッジ部810に記憶し、システムファイルとアプリケーションソフトウェアを内蔵MO回転ディスク107に記憶することもできる。他の代替の実施態様（不図示）では、MOディスクドライブ800は、任意の数の脱着可能なMOディスクカートリッジ部810内に、任意の数（0を含む）の内蔵MOディスク107、及び／または任意の数のMOディスク107を含むことができる。

本発明は、回転アクチュエータアームを使用することを必ずしも必要とはせず、例えばリニアアクチュエータアームを使用することができる。本発明によって開示された形状の小さい光学パスを使用して、記憶装置の位置へ及びそこから、情報を伝達することができるが、その際に、動的位相補償を使用してPM光ファイバを補償するシステムにあるような、対物光学系（例えば、先細の光ファイバや端部にレンズが形成された光ファイバを使用するような）、及び／または反射基板（例えば、光磁気ヘッド106の表面に沿って情報を運ぶために曲線状の光ファイバを使用するような）、及び／または1/4波長板は必

要ではない。自由空間の光学パスを使用して、例えば、適切に位置合わせされたレーザダイオード、及びアクチュエータアーム上またはその代わりに、フライングヘッドそれ自体上に取り付けた検出器を用いて、レーザ光を送出したり受け取ったりすることができる。

本発明を以下の例で説明する。以下の例で使用するすべてのパラメータは、本発明を不当に制限するよう解釈されるべきものではない。

### 例 1

図2を再び参照すると、そこには、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400の実施態様が示されている。関連する幾何学的な特徴が図示されている。既に説明したように、中央のミラープレート部420は、反射性の中央のミラー部420それ自体とは異なる厚さでできているサスペンションヒンジ410によって支持されている。図では、隔置された作動電極402及び403は、反射性の中央のミラー部420の下方に、このミラー部420からギャップgだけ隔てられている。解析のために、電極402及び403（V<sub>a</sub>、V<sub>b</sub>）で励起された方形波が、反射性の中央のミラー部420をy軸のまわりに角度θだけ回転させるものと仮定する。

反射性の中央のミラー部420のねじり運動を生じさせる静電氣的な力は、サスペンションヒンジ410によって与えられるねじり復元力と釣り合う。サスペンションヒンジ410の剛性は、Roarkの応力と歪みに関する公式（McGraw Hill Text 第6版 347頁）から以下の式で与えられる。

$$\tau = 2 \frac{\theta}{l} \kappa G \quad (1)$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (2)$$

$$\kappa = w t_1^2 \left[ \frac{1}{3} - \frac{336}{16} \frac{t_1}{w} \left( 1 - \frac{1}{12} \left( \frac{t_1}{w} \right)^4 \right) \right] = w t_1^2 \beta \quad (3)$$

ここで、θはヒンジ410の端部でのねじれ角（ラジアン）、E及びνはサスペンション部材のヤング率及びポアッソン比、lはサスペンションヒンジ41

0の長さ、wはヒンジ410の幅、そしてt<sub>1</sub>はヒンジ410の厚さである。式

(1) の右側にある係数2は、反射性の中央のミラー部420の両端部において2つのねじりヒンジ410が存在することによるものである。代わりに、反射性の中央のミラー部420を駆動電極402及び403に静電的に引き寄せることによって生じるトルクは、以下のように表すことができる。

$$T = \int_0^{\frac{b}{2}} dF(x)x = \int_0^{\frac{b}{2}} \left( \frac{dF}{dx} \right) x dx \quad (4)$$

ここで、 $dF(x)$ は、反射性の中央のミラー部420の幅の微小成分 $dx$ に作用する引き寄せる力の増分であり、 $x$ は、反射性の中央のミラー部420の中央の軸からその増加成分の位置までを横方向にとった距離であり、積分は、反射性の中央のミラー部420の幅の半分にわたって実行される。引き寄せる力の増分 $dF(x)$ は $x$ の関数である。なぜなら、反射性の中央のミラー部420の角変位によって、電極402（あるいは403）とこのミラー部420の間が分離して、反射性の中央のミラー部420の幅に沿って位置が直線的に変化するからである。

$$dF = \frac{1}{2} dC(x) \frac{V^2}{g - z(x)} \quad (5)$$

ここで、 $dC(x)$ は反射性の中央のミラー部420の傾きによる、このミラー部420の幅に沿った静電容量の増分を表しており、 $V$ は作動電圧、 $g$ は、電極402（または403）と反射性の中央のミラー部420の間のゆがみのないギャップ、及び $z(x)$ は、静電氣的引力によって生じる反射性の中央のミラー部420の偏向量である。幅の微小増分「 $dx$ 」及び長さ「 $a$ 」に関して、式(5)を、以下のように変更することができる。

$$dF = \frac{1}{2} \epsilon_0 a \left( \frac{V}{g - \theta x} \right)^2 dx \quad (6)$$

ここで、 $\epsilon_0$ は自由空間の誘電率、 $\theta$ は微小角度による近似を使用した反射性の中央のミラー部420のエッジ部の角変位である。式(6)を式(4)に代入すると、以下ようになる。

$$T = \frac{1}{2} \epsilon_0 a V^2 \int_0^{\frac{b}{2g}} \frac{x}{(g - \theta x)^2} dx = \frac{\epsilon_0 a V^2}{2g^2} \int_0^{\frac{b}{2g}} \frac{x}{\left(1 - \frac{\theta}{g} x\right)^2} dx \quad (7)$$

この積分を実行すると、以下のようになる。

$$T = \frac{\epsilon_0 a V^2}{2\theta^2} \left[ \ln\left(1 - \frac{b\theta}{2g}\right) + \frac{\frac{b\theta}{2g}}{1 - \frac{b\theta}{2g}} \right] \quad (8)$$

式(1)～(3)を(8)に代入して項を並べ替えると、作動電圧を角変位の関数として表す以下の式が得られる。

$$V = \sqrt{\frac{2\theta^3 \omega t_s^3 \beta E}{\epsilon_0 a / (1 + \nu) \left[ \ln\left(1 - \frac{b\theta}{2g}\right) + \frac{\frac{b\theta}{2g}}{1 - \frac{b\theta}{2g}} \right]}} \quad (9)$$

式(9)は、反射性の中央のミラー部420の回転の臨界角度に対して最大になる関数を表す。静電氣的な力は、反射性の中央のミラー部420と作動電極402または403の間の分離距離の二乗の逆数に応じて変化するが、ねじりヒンジによって与えられる復元力は偏向角度に比例して変わるのみである。臨界角度を越えると、静電氣的な力がねじり力に勝り、反射性の中央のミラー部420は、自発的に作動電極402または403に向かって偏向する。従って、式(9)はこの臨界角度より大きい偏向角度に対しては当てはまらない。

臨界角長より大きな所望の角度偏向に対しては、電極402または403に向かう自発的な偏向を起こすために必要な値より、わずかに大きな作動電圧が望ましい。

そのねじれ状態について、反射性の中央のミラー部420の共振周波数は、周波数の単位をh zとして以下のように規定される。

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{2 \frac{k}{I_m}} \quad (10)$$

ここで、 $k$  はねじりによる弾性（ばね）定数、 $I_m$  は反射性の中央のミラー部420の質量慣性モーメント、及び平方根内の係数2は、2つのねじりヒンジ410が存在することによるものである。式（1）～（3）を並べ替えて、 $k$  を以下のように表すことができる。

$$k = \frac{T}{\theta} = \frac{wt_m \beta E}{2l(1+\nu)} \quad (11)$$

質量慣性モーメントは、見慣れた以下の形式である。

$$I_m = \int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} at_m \rho x^2 dx = \frac{1}{12} at_m \rho b^3 \quad (12)$$

ここで、 $t_m$  は反射性の中央のミラー部420の厚さであり、 $p$  はミラー部材の質量密度である。反射性の中央のミラー部420の厚さは、ヒンジ410の厚さに近いので、平行軸定理に関する補正は無視できる。式（10）～（12）を組み合わせると、共振周波数に対する以下の式が得られる。

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{12wt_m^3 \beta E}{lat_m \rho b^3 (1+\nu)}} \quad (13)$$

図22は作動電圧を、以下の2つの幾何学的なパラメータのセット（寸法はミクロン単位であり、いずれの場合も、反射性の中央のミラー部420とヒンジ410が、好ましくはヤング率 $E$ が385Gpaで、ポアッソン比 $\nu$ が0.066である窒化ケイ（珪）素から製造される）に対する、最大偏向角度 $\theta_{vi}$ （単位はラジアンであり、2度は0.035ラジアンに等しい）の関数として示したものである。計算された共振周波数はいずれの場合においても99KHzである。

	セット11、 $V_{1,i}$	セット2、 $V_{2,i}$
サスペンションの幅（ $w$ ）	10	10
サスペンションの長さ（ $l$ ）	300	300
サスペンションの厚さ（ $t_s$ ）	3	3

ミラーの幅 (b)	100	100
ミラーの長さ (a)	400	400
ミラーの厚さ (t <sub>m2</sub> )	2.2	2.2
ギャップ (g)	7	3

図22のグラフの3つの曲線のうちの最も下部の曲線 ( $V_{2i}$ ) は、電極402及び403と反射性の中央のミラー部420の間のギャップが、最初の狭い(3ミクロン) 場合である状態を示す。この場合は、作動電圧は小さい(最大電圧は66.6Vである)けれども、静電的な力の非線形的な効果により、約1.55度(0.027ラジアン)の角度で不安定になり、そのポイントで、電圧曲線は最大に達する。従って、1.55度を越えるミラーの角度は、正確には予測できず、実際、約0.01ラジアン(0.6度)を越える部分での曲線の傾斜がゆるやかであるために、角度偏向について所望の確実性を得るためには、作動電圧の制御を正確に行うことが必要とされるであろう。

代替的には、図22のグラフの3つの曲線の中間の曲線 ( $V_{1i}$ ) に対して想定した、より広いギャップ(7ミクロン)によって、反射性の中央のミラー部420の安定した偏向の範囲内に0.035ラジアンの必要な最大の偏向を維持

することができる。この場合は、2度の偏向に対する作動電圧は、215.7Vである。しかし、この場合に不安定を生じさせる電圧は、およそ237Vであり、従って、不安定な領域を避けるためには、比較的良好な電圧制御が必要とされるであろう。

図22の一番上の曲線  $V_{a1i}$  は、7ミクロンの広い方のギャップを使用する。  $b\theta/2g$  の値が小さいときは、式(9)の作動電圧を2次近似によって表すことができる。この場合にも電圧曲線の安定領域にあるが、これは上部の2つの曲線の形から明らかである。この近似に従えば、以下の置き換えが可能である。

$$\left( \ln\left(1 - \frac{b\theta}{2g}\right) + \frac{\frac{b\theta}{2g}}{1 - \frac{b\theta}{2g}} \right) = \frac{1}{2} \left( \frac{b\theta}{2g} \right)^2 \quad (14)$$



式(9)は以下のように単純化される。

$$V = \sqrt{\frac{169wt_1^3\beta E g^3}{\epsilon_0 a/b^2(1+\nu)}} \quad (15)$$

この式が、式(9)を適度に表すように、下部の境界はギャップの値  $g$  上に配置されるが、この値は、上記した幾何学的形状寸法では、セット1に対して想定された7ミクロン程度である。

式(13) (共振周波数) 及び (15) (作動電圧) は、並べ替えて以下のように表示することができる。前述した近似を使用すると、電圧と共振周波数の間のトレードオフがより明確になる。

$$f = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{3}{bt_1\rho}} \sqrt{\frac{wt_1^3\beta E}{lab^2(1+\nu)}} \quad (13)$$

$$V = 4g \sqrt{\frac{\theta}{\epsilon_0}} \sqrt{\frac{wt_1^3\beta E}{lab^2(1+\nu)}} \quad (15)$$

これらの2つの式を比較すると、含まれるほとんど全ての幾何学的なパラメータが、周波数と電圧を同じ方向に駆動するということがわかる。従って、高い帯域幅に対しては、高い作動電圧が必要である。作動電圧に関係なく帯域幅を増加させるある有限の自由度が、反射性の中央のミラー部420の厚さ、及びそれが作られる材料、さらに、小さい範囲ではあるが、このミラー部420の幅によって、存在する。前述したように、ギャップ  $g$  を7ミクロンよりもかなり狭くすると、必要とするより大きな角度偏向に対して、反射性の中央のミラー部420は不安定になるであろう。

ミラープレートの幅、ミラープレートの長さ、及びギャップのいくつかの値 (他のすべての幾何学的なパラメータは、上記のセット1に対して記載したものと同じであると仮定している) に対して、計算された作動電圧と周波数の組み合わせを下記する。  $b$  の選択により、安定性を確保するために必要な最小のギャップが決まるので、ギャップはこれらの計算に対して変更される。

b	g	a	f	V
(ミクロン)	(ミクロン)	(ミクロン)	(KHz)	(ボルト)
50	3.50	400	280	216
50	3.50	2000	125	97
75	5.25	400	152	216
75	5.25	1000	96	136
100	7.00	400	99	216
125	8.75	400	71	216
150	10.50	400	54	216
175	12.25	400	43	216
200	14.00	400	35	216

向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400の動的な振る舞いは、2次微分方程式によって記述される。

(16)

$$I_m \ddot{\theta} + f_0 \dot{\theta} + k\theta = T$$

ここで、 $f_0$  は、ねじり振動における減衰（ダンピング）を表し、他のすべての

パラメータは既に定義済みのものである。重要な減衰メカニズムは、反射性の中央のミラー部420と電極402、403の間の空気の薄膜（不図示のスクイズ薄膜（squeeze film））によるものと想定される。反射性の中央のミラー部420が回転すると、スクイズ薄膜内の圧力が電極402または403の上部で増加するが、そこは、このミラー部420がこの電極402または403に向かって傾く場所である。逆に、ミラープレート402がこの反対側の電極である電極402または403から離れる向きに傾くと、この圧力はその電極において減少する。スクイズ薄膜によってもたらされる圧力の勾配によって、反射性の中央のミラー部420の運動を妨げるモーメントが発生する。

低い周波数が励起された状態では、このスクイズ薄膜は、ミラーと電極の間の領域に出入りする空気の流れによって生じる振動減衰器（ダンパー）として動作する。より高い周波数において、空気が反射性の中央のミラー部420の動き

に追従するのに十分な速さで、このミラー部420の下を容易には移動できない場合は、このスクイーズ薄膜は、ダンパーとしてよりもむしろスプリング（ばね）として動作する。前述の実施態様について計算すると、ダンピング効果がスプリング効果より勝っている。

スクイーズ薄膜内に分布する圧力の解析には、ミラーと電極間の領域の流体の流れを支配するレイノルズの方程式を解くという複雑さが伴う。その導出は複雑であるので、その解のみを以下に示す。ダンピング効果が優位であるので、電気的なアナロジーによって、ダンピングを以下によって表される抵抗Rからなるものとすることができる。

$$R = \frac{4\pi^2 g^3}{192a^3 b^3 \mu} \left( 1 + \frac{4a^2}{b^2} \right) \quad (17)$$

ここで、 $\mu$  は室温における空気の粘度 ( $1.87 \times 10^{-4}$  Pa-sec) である。ダンピング係数は、以下のように定義することができる。

$$\zeta = \frac{1}{2I_m R \omega_0} \quad (18)$$

ここで、 $\omega_0$  は、式(18)の共振周波数であり、その単位はラジアン/秒である。システムの応答  $H(\omega)$  は、以下によって与えられる。

$$H(\omega) = \frac{\frac{1}{I_m}}{\omega_0^2 - \omega^2 + 2j\omega_0 \zeta \omega} \quad (19)$$

上記のセット1のパラメータについては、 $\zeta = 9.5 \times 10^{-3}$  であり、これはQが53であることを意味する。計算によると、システムは減衰不足であり、ステップ応答には、多くのリングングが存在するであろうことが示される。しかし、反射性の中央のミラー部420の偏位が、 $g$  に対して小さいという最初の仮定が破れたという事実により、減衰は、おそらくここに示したものよりも大きいであろう。この計算に関する周波数応答は図23と24に示されている。

## 例2

向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400を、所望の作動電圧100V、帯域幅100KHzで使用する場合には、いくつかのトレードオフが必要で

ある。以下に示したのは、反射性の中央のミラー部420に対する幾何学的なパラメータの2つの組（すなわち、セット3とセット4）についてモデル化した結果である。ここで、一方の組（すなわち、セット4）の方は、作動電圧についてより最適化されていて、好ましい作動電圧100Vであり、他方のセット（すなわち、セット3）は、帯域についてより好適にされていて、好ましい共振周波数（KHz）は100KHzである。ミラーの性能についての関連する数学的な解析は、上記の例1に示されている。幾何学的な寸法はミクロン単位である。

	セット3、 $V_{3,i}$	セット4、 $V_{4,i}$
サスペンションの幅 (w)	5	5
サスペンションの長さ (l)	25	25
サスペンションの厚さ ( $t_s$ )	2	2
ミラーの幅 (b)	160	400
ミラーの長さ (a)	200	200
ミラーの厚さ ( $t_{m2}$ )	2	2
ギャップ (g) 6	14	
共振周波数の計算値 (KHz)	92.9	23.5
最大電圧 (V)	169	152

図25のグラフは、セット3及びセット4に対する作動電圧を偏向角度の関数として示したものである。セット3及びセット4の2つの設計上の可能性について計算された周波数応答が、上記した例1で示した解析からの表現を使用して、図26と図27に示されている。

### 例3

向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400についての作動電圧対偏向角度の関係における非線形性は、反射性の中央のミラー部420の位置制御に関して重要な関係がある。この非線形性に対処する効果的な方法は、電極402と403の間の静的なギャップを広げることであり、それによって、±2度の最大限の偏向角度に達するために必要なより高い作動電圧を代償にして、静電気的な引き込みのポイントを避けることができる。

図28、29、及び30に示すグラフに関して、下記の反射性の中央のミラー部420の幾何学的なパラメータは、幾何学的な寸法をミクロン単位のものとして想定したものである。

サスペンションの幅 (w)	5
サスペンションの長さ (l)	25
サスペンションの厚さ (t <sub>s</sub> )	2
ミラーの幅 (b)	150
ミラーの長さ (a)	200
ミラーの厚さ (t <sub>m2</sub> )	2
共振周波数の計算値 (KHz)	102.3

これらの幾何学的なパラメータを使用して、作動電圧対偏向角度の関係が、3つ異なる静的なギャップ幅（6、8、及び10ミクロン）に対して示されている。このギャップ幅は、反射性の中央のミラー部420の厚さを含む、電極全体の間隔である。それぞれのグラフに2つの曲線がプロットされている。下の曲線は、（窒化物の）反射性の中央のミラー部420によって与えられる高い誘電率の存在を考慮したものであるが、上の曲線ではこの問題を無視している。2つの曲線とも、作動電圧に対して予測されるおよその範囲を示すために提示している。x軸はラジアン単位でプロットされており、0.035ラジアンは、2度に等しい。

6ミクロンのギャップを有する構造の性能（図28参照）は、最大2度の偏向角度に対して静電氣的引き込みの寸前で動作するものである。図29及び30に、8及び10ミクロンについて、それぞれある程度の改善が示されているが、10ミクロンのギャップの場合には、作動電圧がほとんど400ボルトまで増加するという不利益がある。従って、改善された線形性に対して、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400は、8～10ミクロン程度の静的なギャップを有することが好ましい。

#### 例4

図5に分析的に示したような可変ギャップ幅のコンセプトを提示するために、

例2に示したのと同じアプローチに従って、電圧の計算を偏向角度の関数としておこなう。これらの2つの段（ステップ）の間（すなわち、図5に示したよ

うに電棒表面403bと403aの間、及び電極表面402bと402aの間）の変化が、反射性の中央のミラー部420の幅の半分の中心点（ $x = \pm b/4$ ）で起こると仮定する。テザー50は、この計算で解析される構造には存在しないということも仮定している。一定のギャップ幅を用いた元々の計算の結果は、以下の通りである。

$$V = \sqrt{\frac{2\theta^3 w_1^3 \beta E}{\epsilon_0 n (1+\nu)} \left| \ln\left(1 - \frac{b\theta}{2g}\right) + \frac{\frac{b\theta}{2g}}{1 - \frac{b\theta}{2g}} \right|}$$

ここで、幾何学的なパラメータは2つの図（図4と図5）に示されており、 $\beta$ はヒンジの厚さと幅に依存して決まる無次元のパラメータであり、 $E$ 及び $\nu$ は、それぞれヒンジ部材に関するヤング率とポアッソン比であり、 $\epsilon_0$ は自由空間の誘電率である。2つの段からなる可変のギャップをこの計算に組み込むことは、 $x$ の関数としてのトルクの積分に単純な調整をすることを伴う。その結果は、以下の通りである。

$$V = \sqrt{\frac{2\theta^3 w_1^3 \beta E}{\epsilon_0 n (1+\nu)} \left[ \ln\left(1 - \frac{b\theta}{4g_1}\right) + \frac{\frac{b\theta}{4g_1}}{1 - \frac{b\theta}{4g_1}} + \ln\left[ \frac{1 - \frac{b\theta}{2g_2}}{1 - \frac{b\theta}{4g_1}} \right] + \frac{1}{1 - \frac{b\theta}{2g_2}} - \frac{1}{1 - \frac{b\theta}{4g_1}} \right]}$$

図31は、電圧対偏向角度、及びこの設計変更によってもたらされる作動電圧の低減を示すものであり、設計変更には、下記の表に規定した幾何学的な選択が与えられている。グラフの上部の曲線は、6ミクロンの一定のギャップに対する作動電圧の曲線を示している。下方の曲線については、 $x = b/4$ から $x = b/2$ までは、ギャップは同じ6ミクロンであるが、 $x = 0$ から $x = b/4$ に対しては、ギャップは3ミクロンに減っている。不安定ポイントは変わっていないが、この可変ギャップの場合に対する最大電圧は169ボルトから125ボルトまで減少している。

サスペンションの幅 (w)	5
サスペンションの長さ (l)	25
サスペンションの厚さ ( $t_s$ )	2
ミラーの幅 (b)	160
ミラーの長さ (a)	200
ミラーの厚さ ( $t_m$ )	2
ギャップ (g)	6
共振周波数の計算値 (KHz)	92.9

### 結論

微細加工された部品（構成要素）をMOディスクドライブにおいて説明してきたが、当業者には、マイクロミラー及びマイクロアクチュエータのような微細加工された部品を使用することは、コンパクトディスク（CD）、デジタルビデオディスク（DVD）、及び通信システムを含む他の技術を使用した情報伝送に適用できるということが理解されるであろう。従って、本明細書では、特定の実施態様について本発明を説明してきたが、許容範囲内の修正、種々の変更及び代用が可能なが上述の開示内容では意図されており、いくつかの態様では、本発明の範囲から逸脱することなく、本発明のいくつかの特徴は、他の特徴をそれに対応して使用せずに使用されるであろうということが理解される。

【図1】

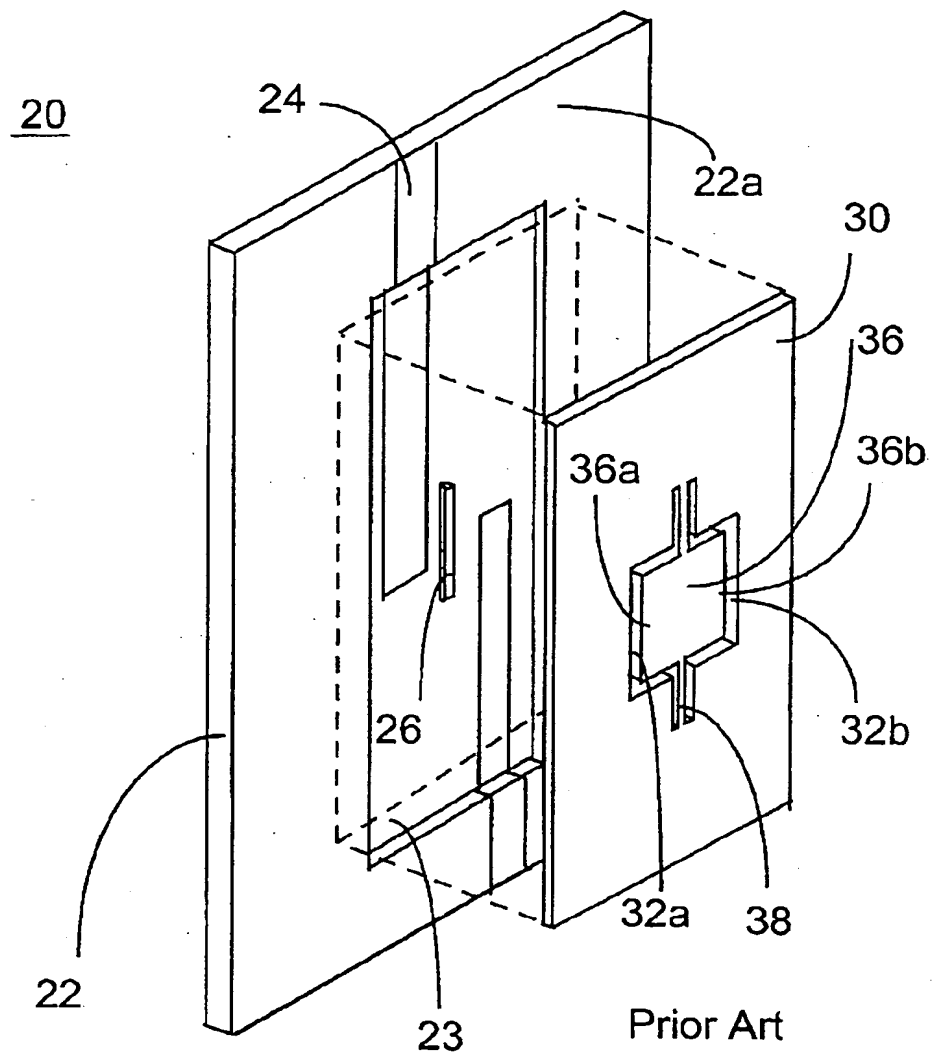


Fig. 1



Fig. 2

400

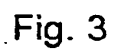


Fig. 4

【図5】

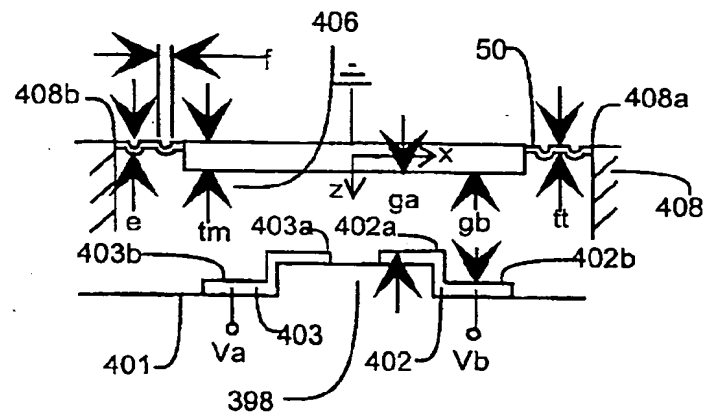


Fig. 5

【図6】

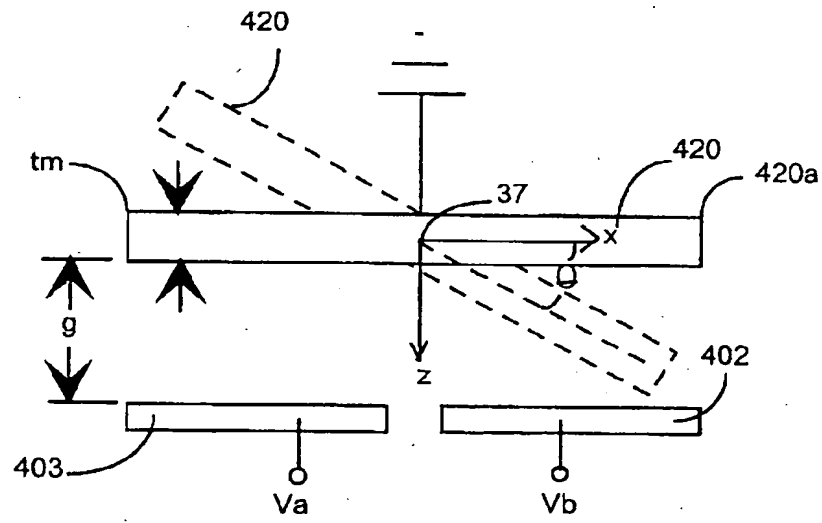
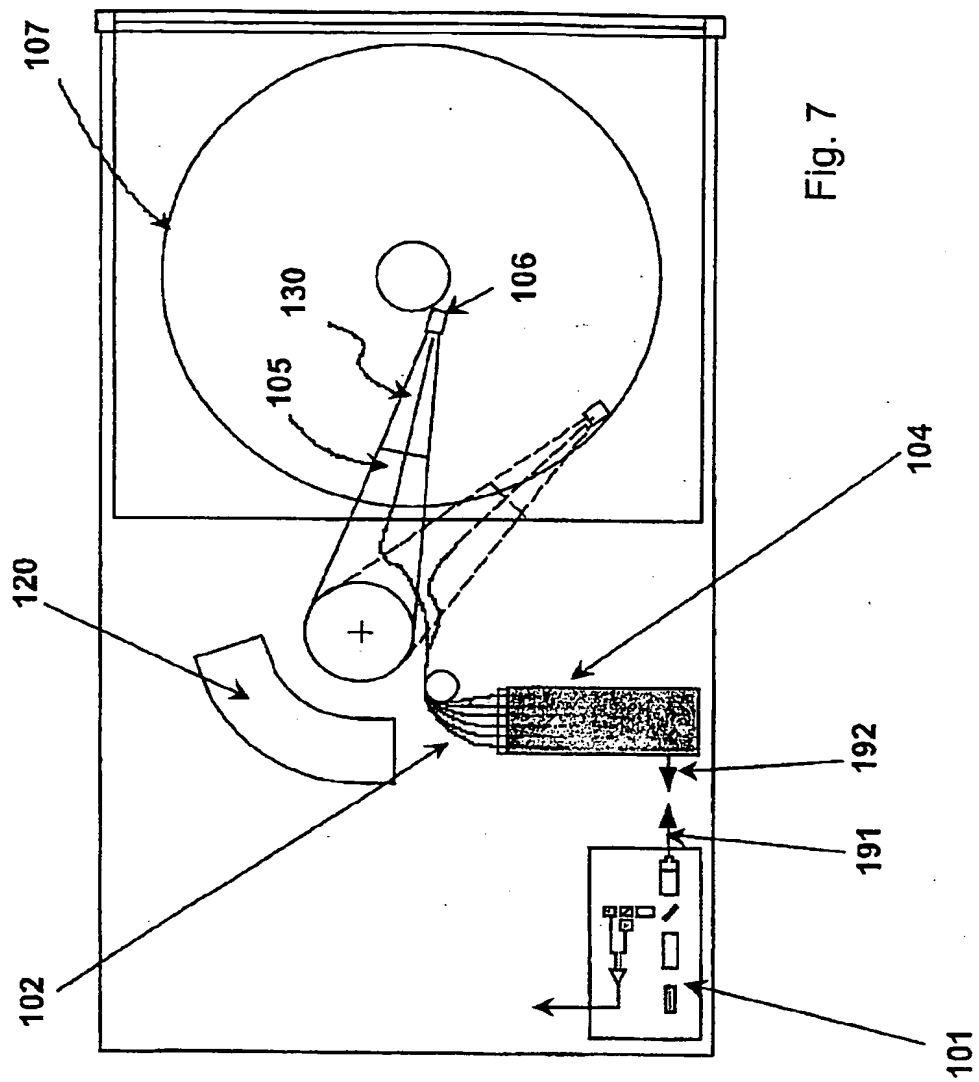


Fig. 6

【図7】

100

101

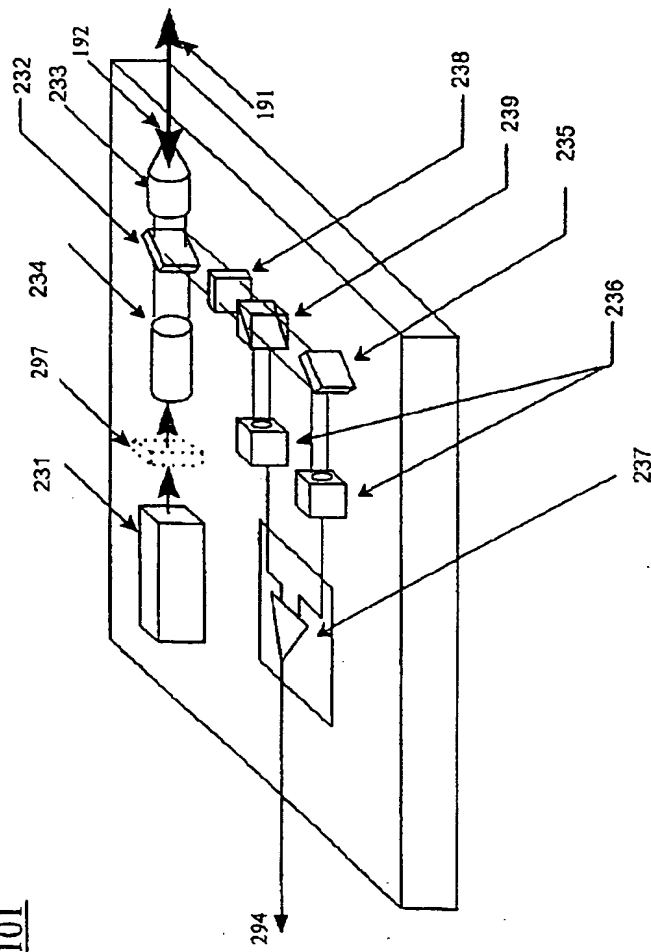


Fig. 8

【図 9】

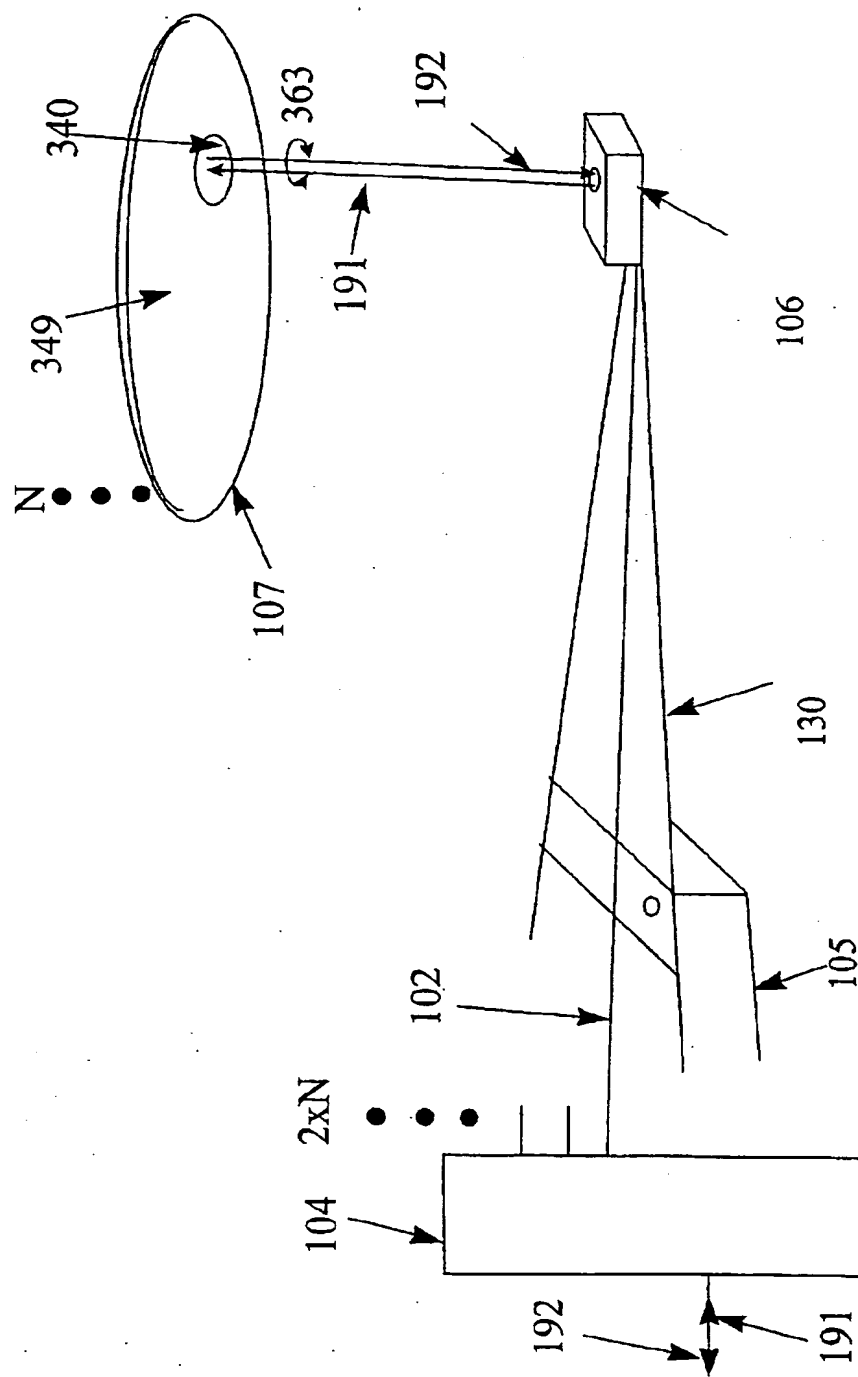


Fig. 9

【図 10】

106

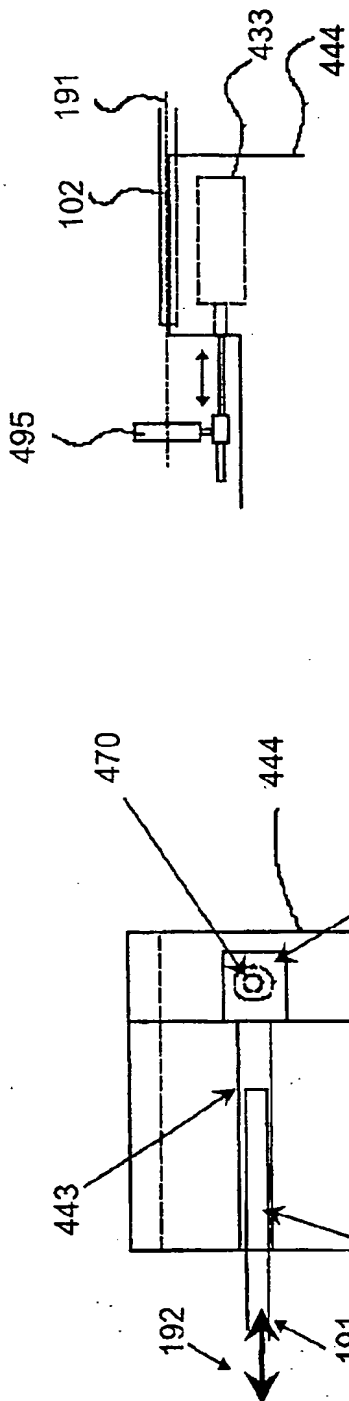


Fig. 10a

Fig. 10d

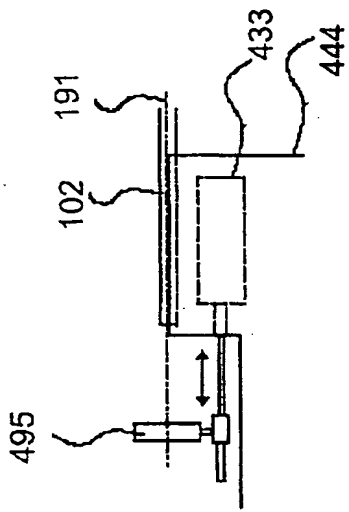


Fig. 10b

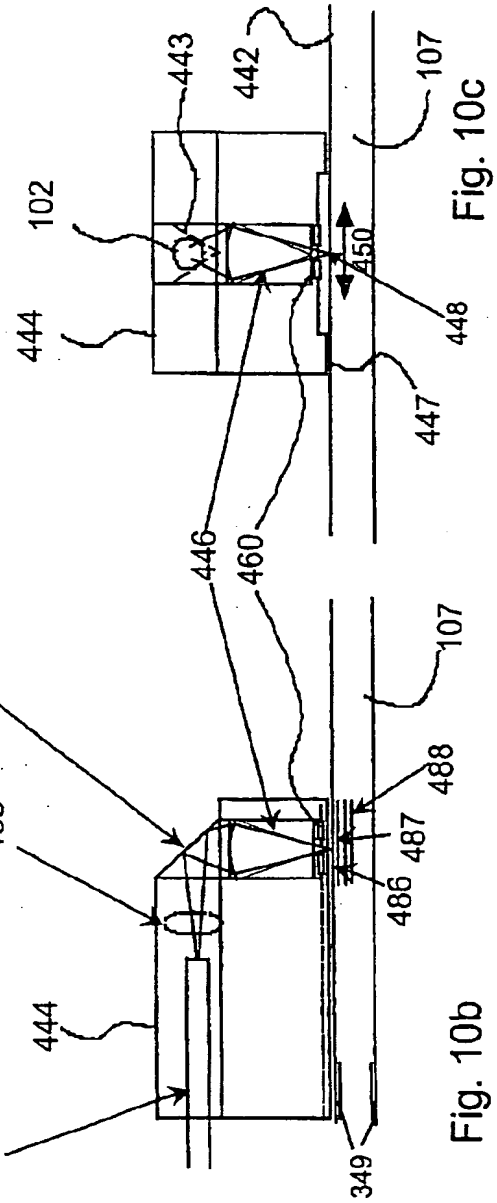
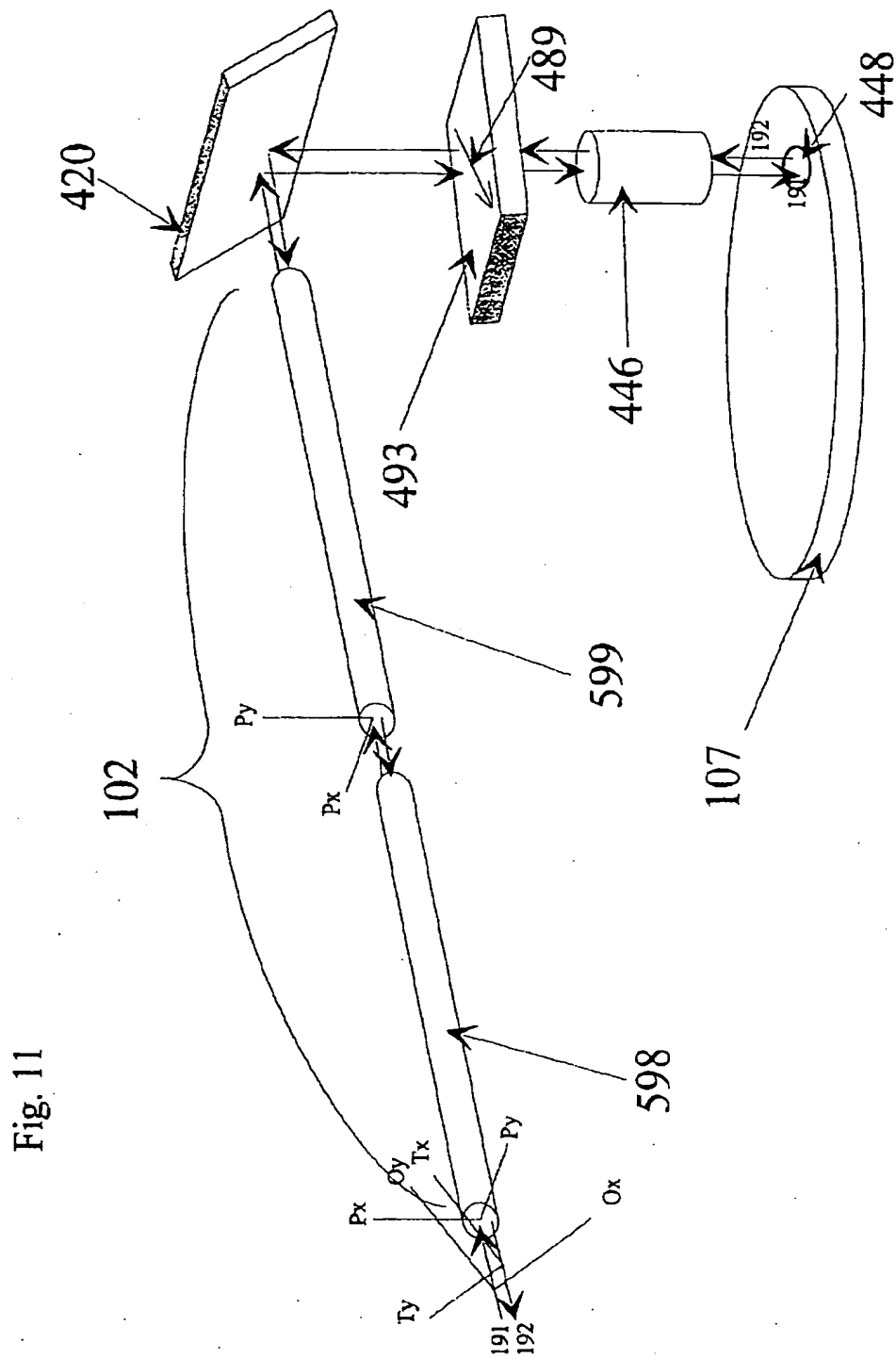


Fig. 10c

【図11】





【図 12】

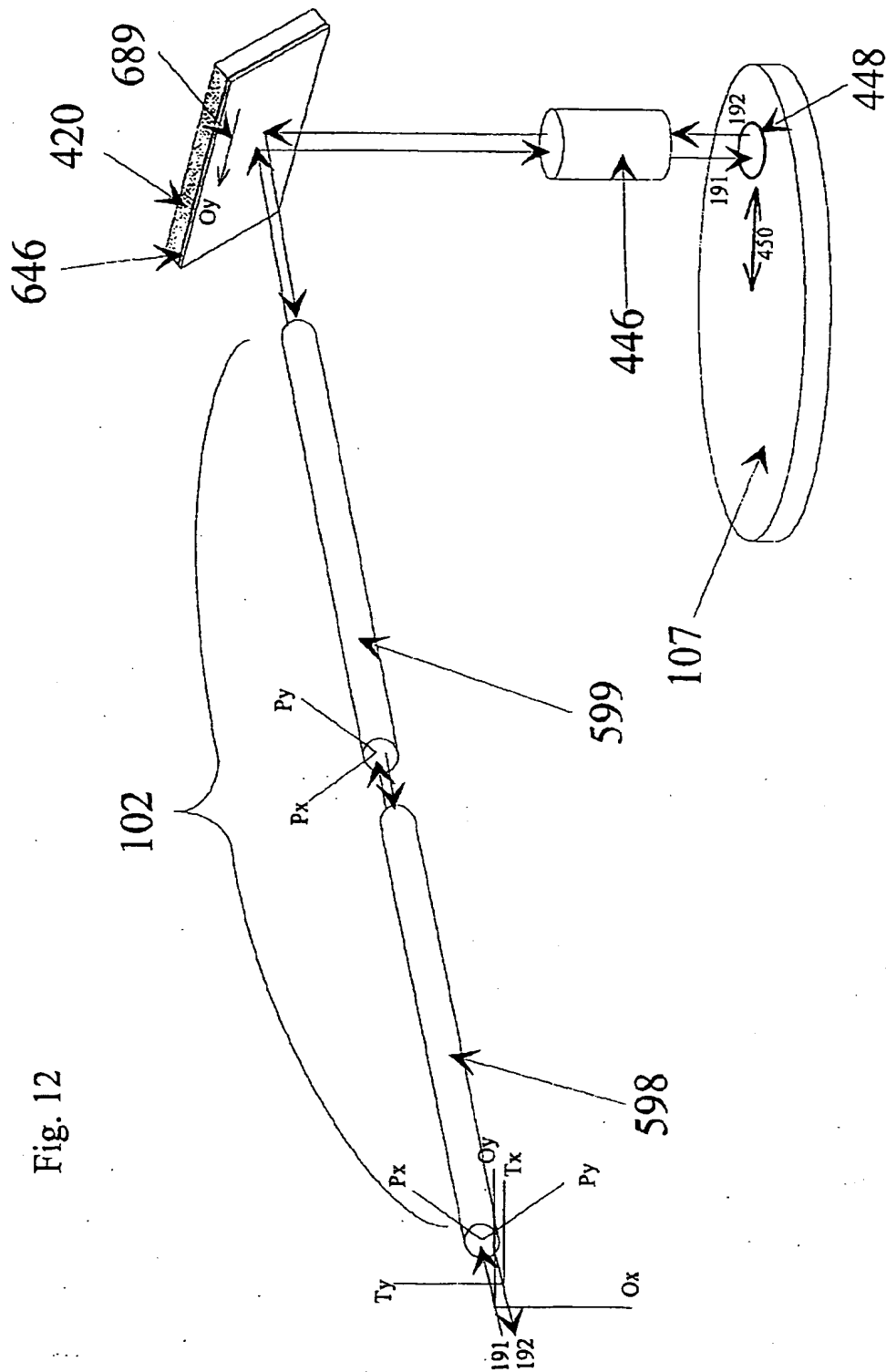


Fig. 12

【図13】

層	材料	n	k	光学的厚さ $nd/\lambda$	厚さ $\lambda=680\text{nm}$
入射媒体	空気	1.0	0		
1	ZnS	2.2948	0	.43141	127.8
2	SiO <sub>2</sub>	1.463041	0	.34026	158.1
3	ZnS	2.2948	0	.32126	95.2
4	SiO <sub>2</sub>	1.463041	0	.26916	125.1
5	ZnS	2.2948	0	.30591	90.6
6	SiO <sub>2</sub>	1.463041	0	.30298	140.8
7	ZnS	2.2948	0	.33003	97.8
8	SiO <sub>2</sub>	1.463041	0	.30665	142.5
9	ZnS	2.2948	0	.31543	93.5
10	SiO <sub>2</sub>	1.463041	0	.31801	147.8
11	ZnS	2.2948	0	.29563	87.6
12	SiO <sub>2</sub>	1.463041	0	.29544	137.3
基板	Au	0.1354	3.6548		

Fig. 13

【図14】

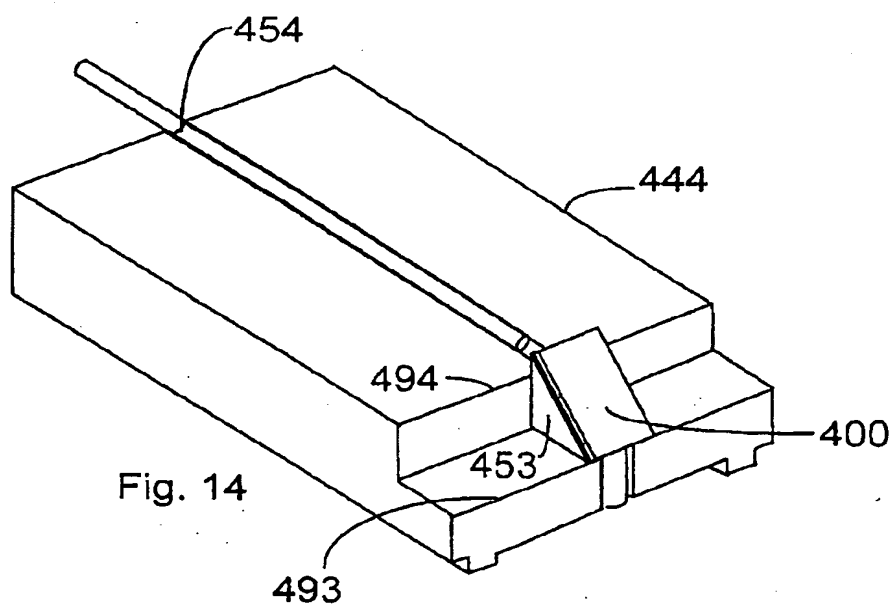
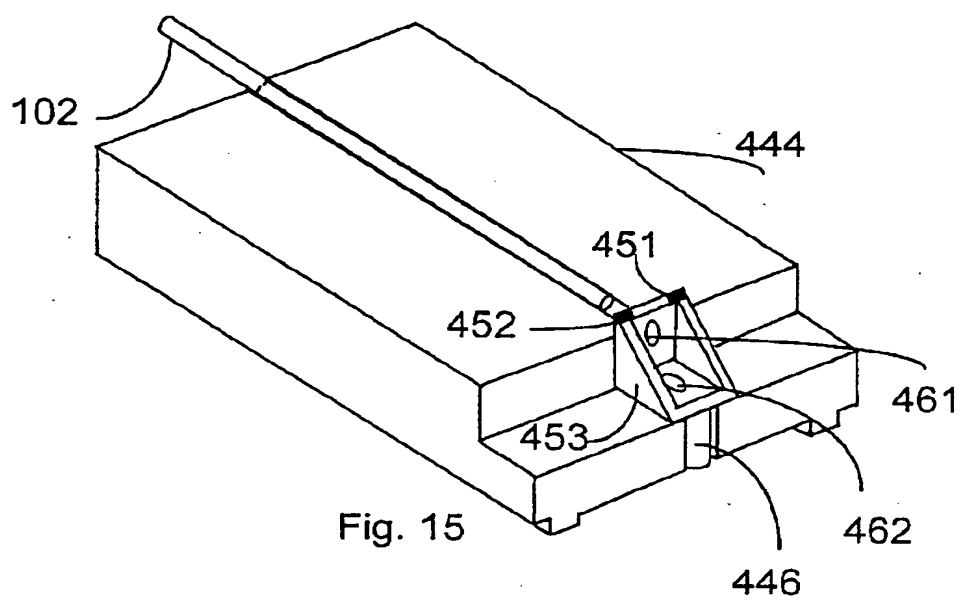


Fig. 14

【図 15】



【図16】

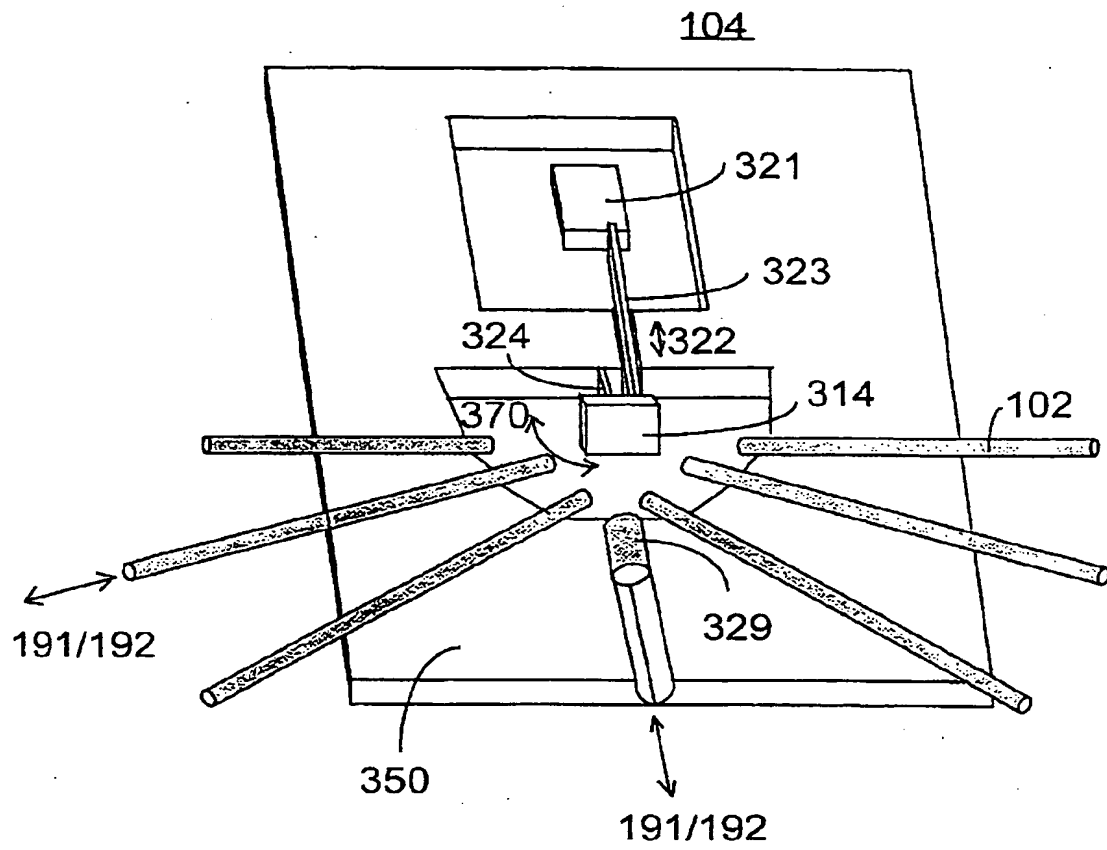
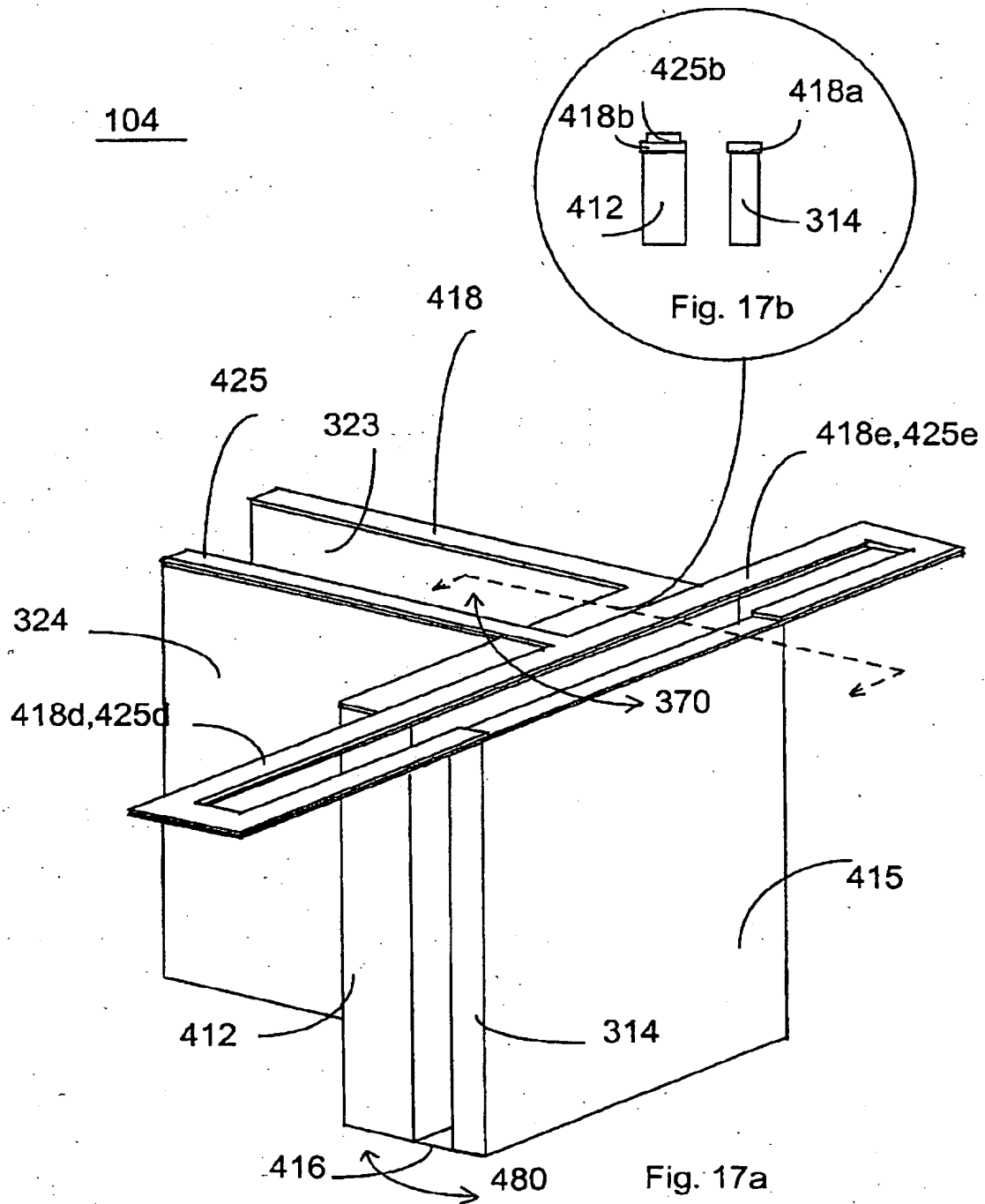
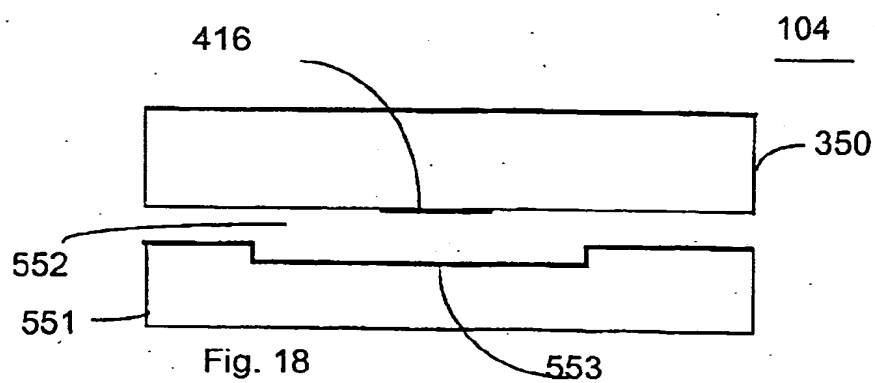


Fig. 16

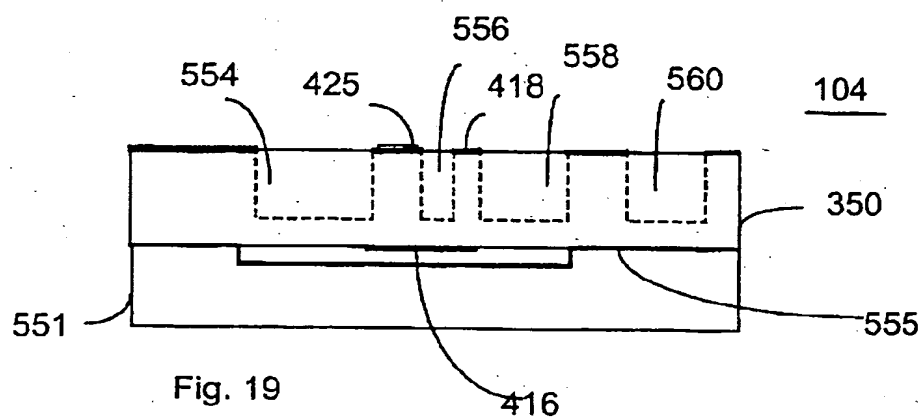
104



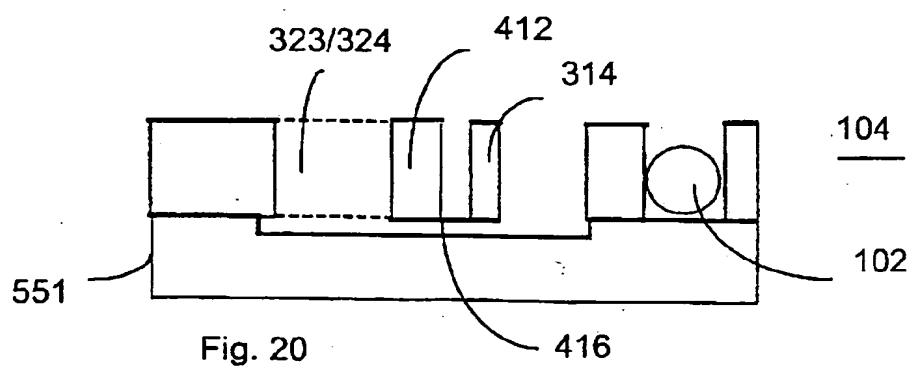
【図18】



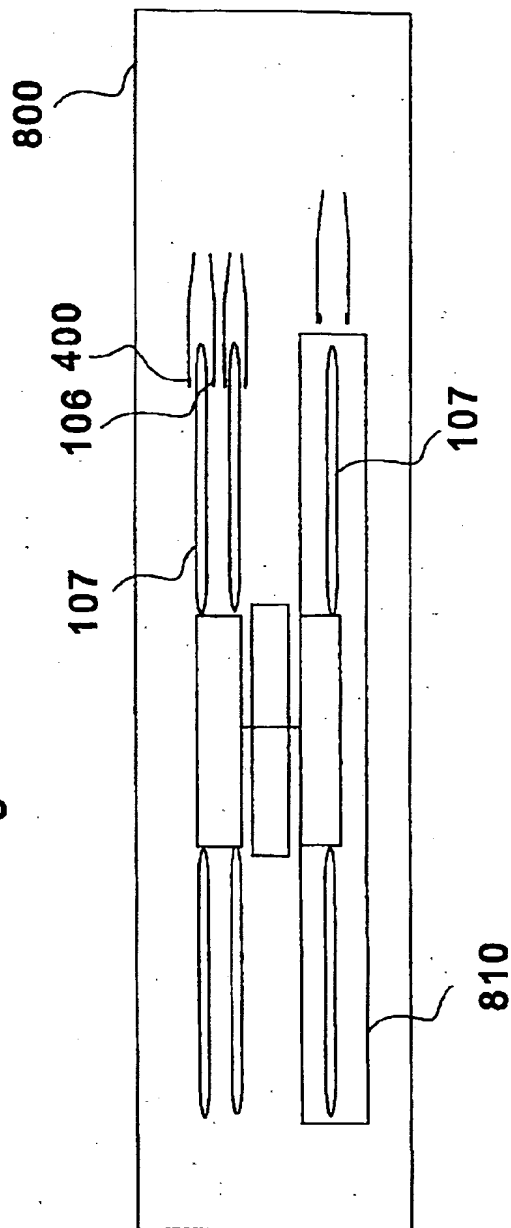
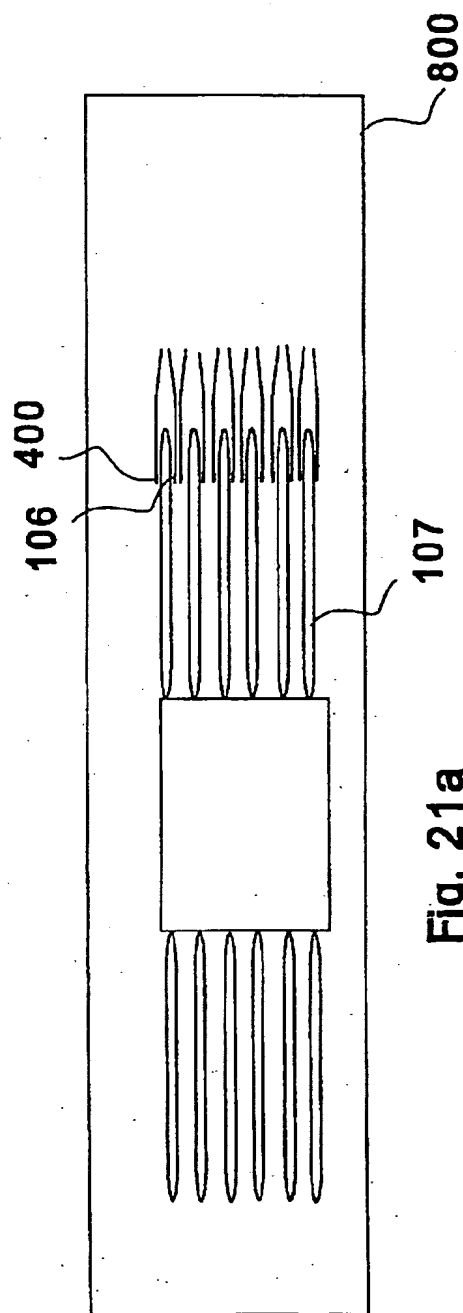
【図19】



【図20】



【図21】



【図 22】

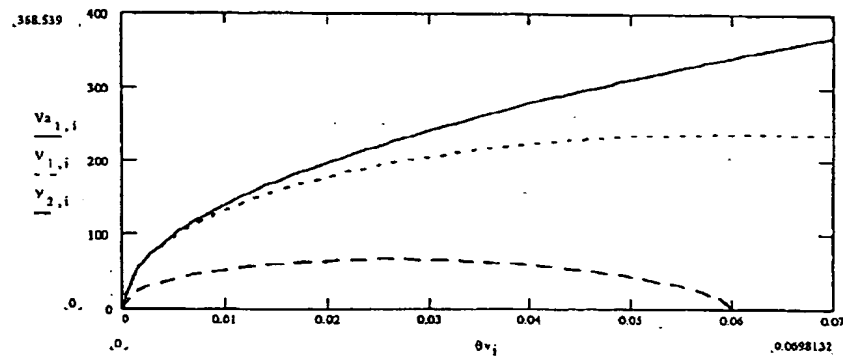


Fig. 22

【図 23】

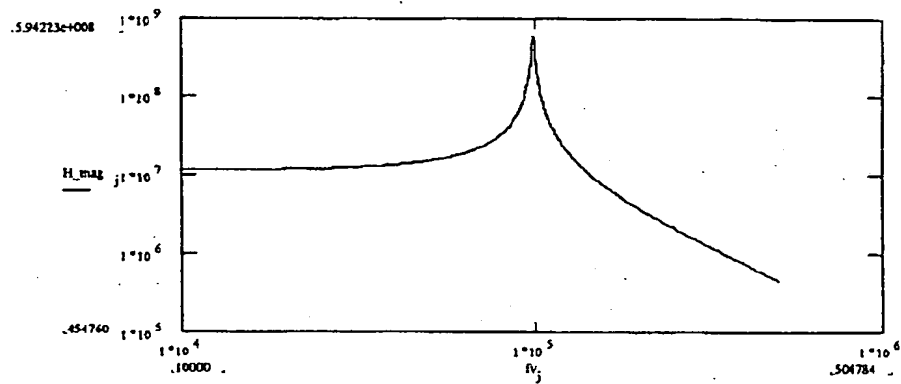


Fig. 23

【図 24】

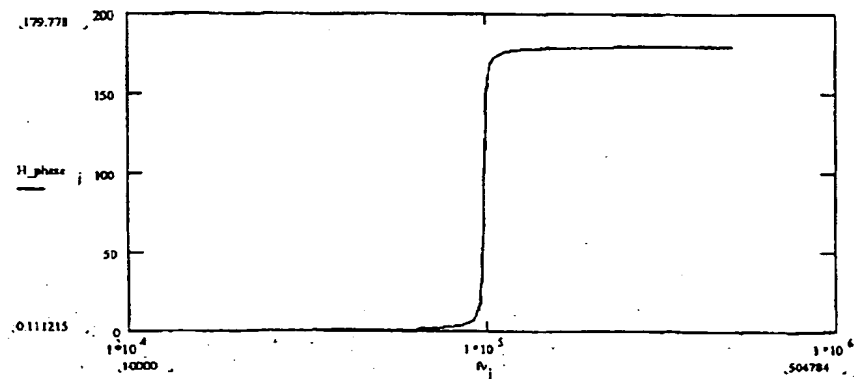


Fig. 24



【図25】

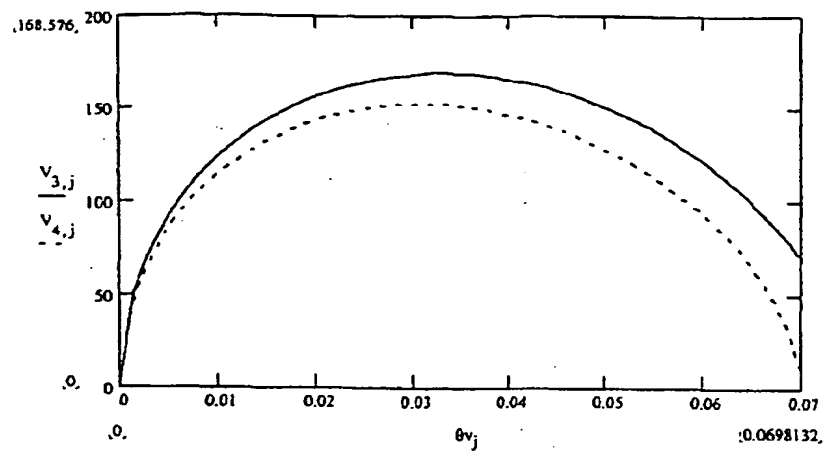


Fig. 25

【図26】

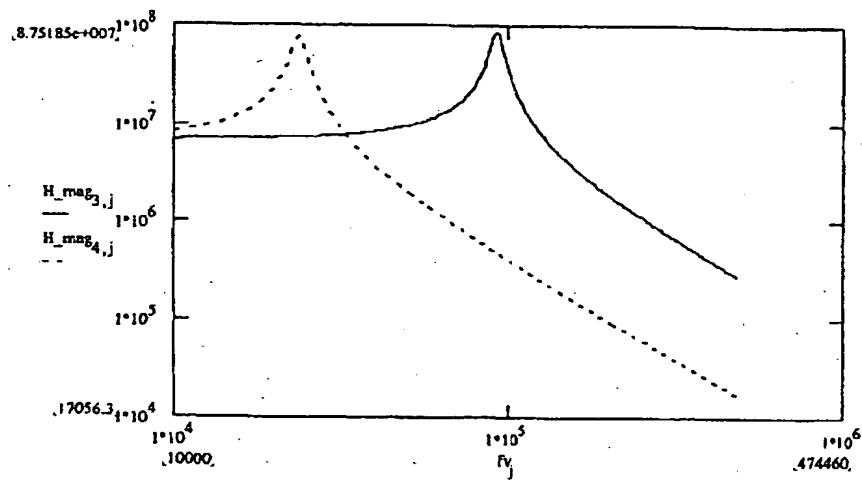


Fig. 26

【図 27】

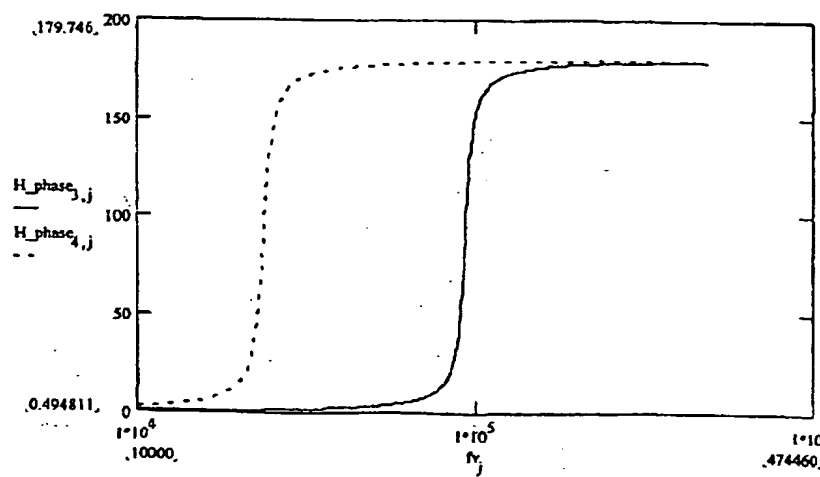


Fig. 27

【図 28】

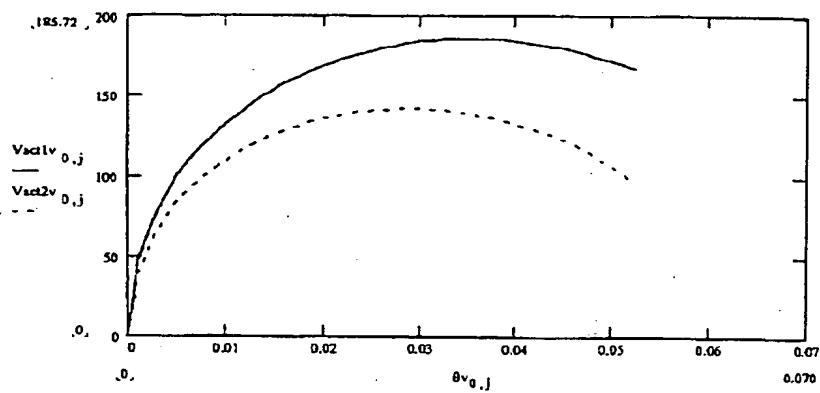


Fig. 28

【図 29】

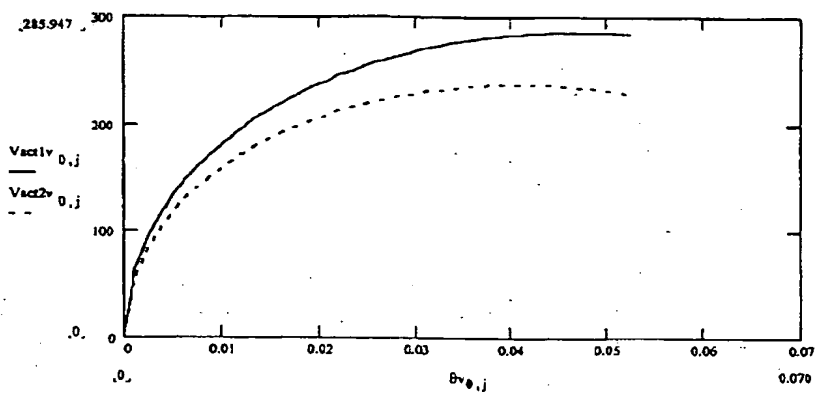


Fig. 29

【図30】

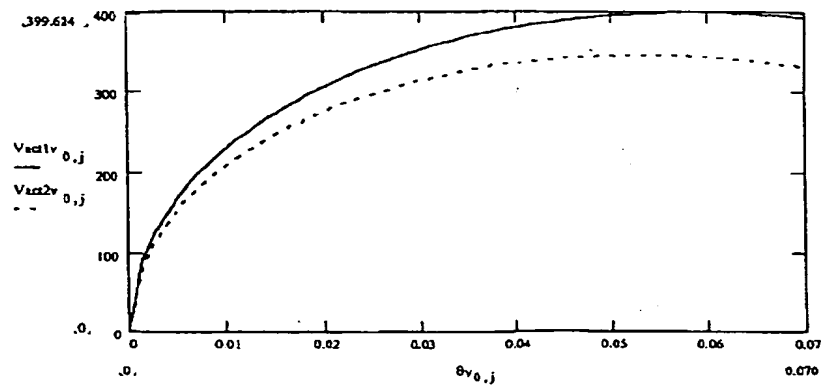


Fig. 30

【図31】

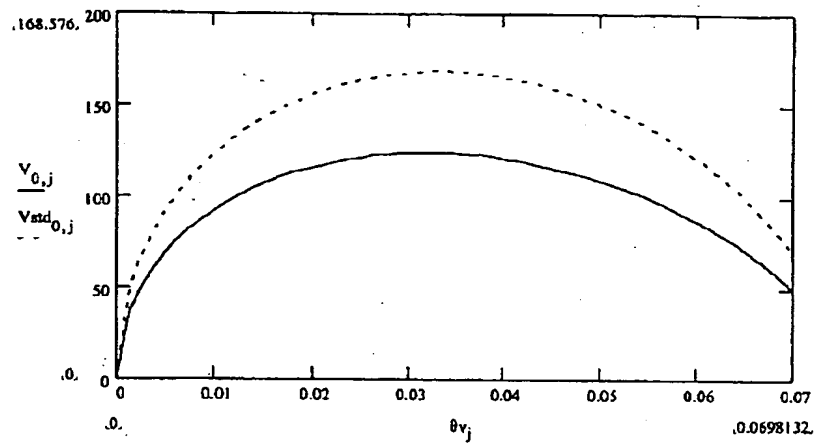


Fig. 31

## 【手続補正書】

【提出日】平成11年4月30日(1999. 4. 30)

## 【補正内容】

(1)明細書第5頁第13行乃至第31頁第22行目までの補正

「図面の簡単な説明

図1は、従来技術のシリコン製ねじりミラー (silicon torsion mirror) 構造の展開図である。

図2は、向き可変の微細加工されたミラーの斜視図である。

図3は、一对のテザー部材を含む向き可変の微細加工されたミラーの斜視図である。

図4は、図3の向き可変の微細加工されたミラーの上面図である。

図5は、図4の矢印の方向に切り取った垂直断面図である。

図6は、図2のミラーの側断面図であり、作動電極に向かって角度 $\theta^\circ$ だけ下方にねじり回転させたミラーを点線で示している。

図7は、光磁気データ記録及び再生システムの上面図である。

図8は、図7の光磁気データ記録システムのレーザー光学アセンブリの一実施態様を示す図である。

図9は、DFBレーザー源を使用した場合の典型的な光路を示す図である。

図10a～dは、光磁気ヘッドの上面図、側面図、正面図及び側面図をそれぞれ示す図である。

図11は、図9の典型的な光路をさらに詳しく示す図である。

図12は、反射型の1/4波長板を含む向き可変の微細加工されたミラーを示す図である。

図13には、図12の1/4波長板の厚さと構成成分を示している。

図14は、図10a～cに示した、フライング光磁気ヘッドの実施態様の斜視図である。

図15は、図10a～cに示した、フライング光磁気ヘッドの実施態様の第2の斜視図である。

図16は、光ファイバスイッチの実施態様を示す図である。

図17 a、bは、図16の光ファイバスイッチをさらに詳しく示した図である。

図18は、図16の光ファイバスイッチの製造段階を示す図である。

図19は、図16の光学スイッチの製造段階を示す図である。

図20は、図16の光学スイッチの製造段階を示す図である。

図21 a、bは、光磁気ディスクドライブを示す断面図である。

図22は、向き可変の微細加工されたミラーの3つの実施態様について、作動電圧を偏向角度 (angular deflection) の関数として示すグラフである。

図23は、向き可変の微細加工されたミラーの実施態様についての周波数応答を示すグラフである。

図24は、向き可変の微細加工されたミラーの実施態様についての位相応答を示すグラフである。

図25は、向き可変の微細加工されたミラーの2つの実施態様について、作動電圧を偏向角度の関数として示すグラフである。

図26は、向き可変の微細加工されたミラーの2つの実施態様についての周波数応答を示すグラフである。

図27は、向き可変の微細加工されたミラーの2つの実施態様についての位相応答を示すグラフである。

図28は、向き可変の微細加工されたミラーの2つの実施態様について、作動電圧を偏向角度の関数として示すグラフである。

図29は、向き可変の微細加工されたミラーの2つの実施態様について、作動電圧を偏向角度の関数として示すグラフである。

図30は、向き可変の微細加工されたミラーの2つの実施態様について、作動電圧を偏向角度の関数として示すグラフである。

図31は、向き可変の微細加工されたミラーの実施態様について、作動電圧を偏向角度の関数として示すグラフである。

#### 発明の詳細な説明

以下に図面を参照して詳しく説明する。図面には、本発明の同様な部分には、

同じ参照番号を付している。図1には、従来技術による向き可変の微細加工されたねじりミラーアセンブリ (steerable micro-machined torsional mirror assembly) を、20として一般的に示している。ミラーアセンブリ20は、くぼみ2

3を画定する周辺部のリム22aを含む基板22を具備する。一対の間隔をおいて配置 (隔置) され、電氣的に絶縁された作動電極 (actuation electrode) 24は、くぼみ23内に配置されている。

26として一般的に図示している、支持用リッジ (support ridge) は、基板22上に取り付けられて、くぼみ23内に配置されており、そしてリム22aによって囲まれている。リッジ26は、一対の電極24の間に配置されている。窒化ケイ素の可撓性層30は、上部のミラー支持部材として機能し、一対の電極24と間隔をおいた状態で、支持用リッジ26によって支持されている。ミラー支持部材30は、一対の溝を切られた開口部を両定し、32a、bとして一般的に図示されている。開口部32a、bは、36として一般的に図示されている平面ミラーとして、可撓性層30の一部を画定するために構成されており、ミラー36のそれぞれの対向するエッジの一組を、ミラー支持部材30に機械的に相互接続、すなわち結合する、軸合わせされた一対のねじりヒンジ部材 (torsion hinge member) (すなわち、可撓性層のヒンジ) 38によって取り付けられている。ミラー36は、軸合わせされたヒンジ38のまわりに対称的に配置されており、軸合わせされたヒンジ38から離れて延びる、対称的に相対して配置された片側部36a、36bを有している。

作動電極24は、それぞれの部分が、ミラー36のそれぞれの片側部にほぼ対面した位置に並ぶように配置される。作動電極24は、外部の電源に接続される。作動電極24は、外部の電源から電流を受け取り、印加される作動電圧に応じて逆向きに充電される。作動電圧は、軸合わせされたヒンジ38のまわりに、逆向きに充電された電極24により誘導される静電荷 (electrostatic image charge) によって角度シータ ( $\theta$ ) だけ、ミラー36を回転させるように決められる。

図2に、本発明の微細加工されたミラーアセンブリ400の好適な実施態様を

示す。向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400は、形成されたくぼみ406をそれ自体に有するシリコン（ケイ素）基板401を備えている。隔置された一对の平面状の駆動（作動）電極が、402及び403として概略的にかつ一般的に図示されており、それらは、くぼみ406の底部に沿って配置されている。リッジ398が、駆動電極402と403とを分離している。平面状のシリ

コンプレート407は、電極402、403のそれぞれの部分に結合されている。二酸化ケイ素や窒化ケイ素のような材料で造られる平面状の可撓性層408は、プレート407の外側の面に結合される。可撓性層408は、対向する環状部408a及び408bを構成するよう形成される。

外側に面する反射性の中央のミラー部420は、最上部の可撓性層408の一部と内部のシリコンプレート層407の各部内に、それ自体を貫通して形成される、対向して隔置されたC字形の開スロット409a、409bによって画定される。反射性の中央のミラー部420は、一体化した対向する片側部420a及び420bを設けるように構成される。対向する片側部420a及び420bは、軸合わせされ対向して配置された、可撓性層のヒンジ410によって形成された軸のまわりに対称的に配置され、その軸から離れて延びている。

可撓性層のヒンジ410は、可撓性層408から一体形成されており、反射性の中央のミラー部420に、ねじりによる復元トルクを与える。反射性の中央のミラー部420は、それ自体の光学的な反射率、及び静電気的作用を向上させるために、金または類似の物質で金属被膜することができる。

典型的な実施態様では、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400は、およそ90から200ボルトの作動電圧を電極402及び403に印加することによって、ほぼ50から200KHzの帯域幅にわたって動作する。反射性の中央のミラー部420は、一般的には、直線部a及びbの寸法がおよそ300ミクロン以下で、厚さ $t_{m1}$ がおよそ3ミクロン以下の平行四辺形状の構造である。反射性の中央のミラー部420の底部と、駆動電極402及び403の間の間隙は、およそ10ミクロン以下である。典型的な実施態様では、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400の厚さ $t_{m2}$ は、およそ200ミクロン以下であ

る。典型的な実施態様では、反射性の中央のミラー部420は、ヒンジ410によって画定される長手方向の軸のまわりに、少なくとも $\pm 2^\circ$  物理的な回転角度を達成することが望ましい。好ましくは、反射性の中央のミラー部420を、横方向に動かしすぎることなく、ねじりによって動作させることができ、静的及び／または動的な動作の間は、ラムダ ( $\lambda$ ) / 10の光学的な平面度を維持しなければならない。静電氣的なたわみによる最大ストレスは、反射性の中央のミラー

部420を構成するために使用される部材の予測される降伏応力より小さくなければならない。向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400の上述の特性及び寸法は、代表的なものを意図したものであり、添付の請求の範囲のみによって制限されるものである。

典型的な実施態様では、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400は、くぼみ (リセス) 406をシリコン基板401内にエッチングすることによって製造することができる。シリコンプレート407は、酸化結合して、電極402、403から電氣的に絶縁することができ、その後、所望の厚さまで薄くして研磨することができる。可撓性層408は、反射性の中央のミラー部420の周辺部とヒンジ410の幅を画定するために配置され、パターン成形することができる。開口スロット409a、409bを反射性の中央のミラー部420の周囲及び可撓性層のヒンジ410の下に形成し、一方、反射性の中央のミラー部420の下のシリコンプレート407を除去して剛性の支持体を設けるために、等方性のエッチング (etch) を使用することができる。結合パッド404及び405を金属の被着によって形成して、それぞれの電極402、403に電氣的及び機械的に接続することができるように、このエッチングのステップを電極402及び403へのアクセスを設けるために使用することができる。向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400は、バルク微細加工技法 (bulk micro-machining techniques) または面微細加工技法 (surface micro-machining techniques) を使用して製造することができ、例えば、この面微細加工技法については、1991 SPIE Proceeding Series Vol. 2639, p211-222のJ. Comtois他による「Design t



techniques for surface micro-machining MEMS processes」に開示されている。

図1～3を参照すると、典型的な解析により、反射性の中央のミラー部420は、その偏向角度が増すに従い、静電的なトルクが、ヒンジ410のねじりによって与えられる復元トルクに打ち勝つようになるので不安定になる、ということは明らかである。従来技術の比較的広いギャップ（間隙）に、本発明の反射性の中央のミラー部420の所望の偏向角度 $\pm 2^\circ$ を用いる場合は、比較的大きな作動電圧を電極402及び403に加える必要がある。さらに、反射性の中央のミラー部420と電極402及び403の間に比較的広いギャップを用いると、

反射性の中央のミラー部420の偏向角度と、電極402及び403に印加される電圧との間にかなりの非線形関係が生じる可能性がある。従って、以下では、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400について、その動作特性を変化させる変更点を含めるために説明する。この向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400は、ギャップの幅がより小さいこと、直線性が改善されていること、フルスケールの偏向角度に対して必要とされる作動電圧がより低いこと、及び、前記の不安定が生じる前に実現可能な偏向角度の範囲を増加させること、を具備するものである。

次に図3、4及び5を参照すると、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400は、反射性の中央のミラー部420を可撓性層408にさらに結合するための、少なくとも一つのテザー部材50を具備することができる。さらに詳しくは、少なくとも一つのテザー部材50は、可撓性層408の対向する環状部408a及び408bのそれぞれの少なくとも一つの部分を、反射性の中央のミラー部420の各対向する片側部420a及び420bに、それぞれ接続する。

各テザー部材50は、望ましくは、少なくとも一つの対の横方向の（長手方向に直角な）チャンネル54を備える平行四辺形状の構造52から構成することができる。図4に示すように、対向する片側部420a及び420bの先端エッジはそれぞれ、このエッジ部に固定されて、ギャップ53で分離された一对の隔置されたテザー部材50を備えている。溝またはチャンネル54は、可撓性層408の選択された表面領域内に等方性のエッチングされた輪郭を画定するために

、平面エッチング (planar etch) を使用してプラズマエッチングすることができ、エッチ止め (etch stop) を入り組んだ表面 (convoluted surface) 内に拡散させて、エッチングされた輪郭がエッチ止め層をなぞるようにすることができる。テザー部材50を備える可撓性層408の部分は、チャンネル54の表面に対向する表面部からパターン成形してエッチングすることができ、エッチ止め層により、所望の波状の断面部が生成される。従来のプラズマエッチング技法では、エッチングされる溝の深さは、数分の1ミクロン (=マイクロメートル) から約50ミクロンまでが可能である。ホウ素によるエッチ止め (boron etch stop) が使用される場合には、利用可能なテザー部材50の厚さは、約0.5ミクロン

から約10ミクロンまでの範囲である。同様な範囲が拡散式電気化学エッチ止め (diffused electrochemical etch stop) について利用可能であるが、十分に長い拡散のためには、最大の厚さが20ミクロンを越える可能性がある。

テザー部材50によって、反射性の中央のミラー部420は、軸合わせされた可撓性層のヒンジ410のまわりにねじり運動ができるようになるが、横方向の運動は制限される。すなわち、テザー部材50は、可撓性層408の側部408a及び408bの方への、反射性の中央のミラー部420の末端エッジ部の移動を制限する。テザー部材50はまた、反射性の中央のミラー部420を偏向していない位置に戻すために、(可撓性層のヒンジ410によって加えられる復元力に加えて) ねじりによる復元力を与える。テザー部材50はまた、大きな駆動状態において、反射性の中央のミラー部420が作動電極402及び403に接触しないよう制限して、その接触による変形やたわみを防止する。テザー部材50は、さらに、反射性の中央のミラー部420が臨界角度を越えて偏向しないようにするが、この臨界角度を越えた場合には、作動電極402または403の一方に自然に偏向してしまうことになる。

反射性の中央のミラー部420の回転移動、すなわちねじれによる移動により、テザー部材50は、この反射性の中央のミラー部420の側部420a及び420bに結合したままで、下方(z方向)に偏向される。結合したままにするた

めに、テザー部材50は、好ましくは、多少延びることによって、反射性の中央のミラー部420の側部420a及び420bから、可撓性層408の側部408a及び408bまでの距離の増加を吸収する。梁（beam）として動作する単一のテザー50を考え、小さな偏向に対して溝すなわちチャンネル54の存在を一時的に無視すると、梁をz方向に偏向させるために必要な力の大きさは、実現される偏向の大きさにほぼ直線的に比例する。より大きな偏向に対しては、増加分の偏向を達成するために、力の大きさをさらに多く増す必要があり、この関係は非線形なものになる可能性がある。テザー部材50の非直線性は、反射性の中央のミラー部420の大きな回転角度によって引き起こされる静電気的なトルクにおける非直線性に合致するように調整することができる。従って、より大きな角度偏向に対する静電気的な非線形性の効果を抑止することによって、角度偏向に対

する反射性の中央のミラー部420の安定性の範囲を増加させて、角度偏向のより広い範囲を実現することができる。

ねじりヒンジ410から利用可能な復元トルクのみでは、ある臨界回転角度で静電界によって及ぼされるトルクを打ち消すためには不十分である場合がある。テザー部材50は、追加の復元トルクを与えるよう機能して、ヒンジの復元トルクと組み合わせ、こうして静電気的なトルクを相殺する。従って、不安定となる位置がより大きな偏向角度で生じるよう変化させることができる。さらに、反射性の中央のミラー部420の共振周波数は、テザー部材50によって生成される、追加の効果的なねじればね定数のために好適に増加される。それゆえ、共振周波数の作動電圧との結合度は、さらにある程度緩和されることになる。

テザー部材50の設計においては、静電気的な力が支配的になるのとおおよそ同じ偏向角度で、テザー部材50の非直線性が支配的になる。テザー部材がまっすぐな梁である実施態様では、テザー50はかなり延び、従って、梁の偏向における非直線性は、反射性の中央のミラー部420のかなり小さい角度に対してははっきりと識別できるようになる。横方向のチャンネル54を使用すると、テザー部材50延びの大部分を波形の湾曲部によって吸収することができるために、その

直線範囲を延ばすのに役立つ。テザー部材50において有効な非直線性の開始は、テザー部材50の長さ(c)、幅(d)、厚さ(t)、並びに波形の深さ(e)、幅(f)及びその数の関数である。横方向のチャンネル54を備えることにより、テザー部材50の非直線性の開始を決定することにおける設計の柔軟性をさらに増すことができる。好ましくは、テザー部材50からの非直線的な力によって反射性の中央のミラー部420が過度にねじれないようにするために、テザーの厚さ(t)を、反射性の中央のミラー部420の厚さよりも小さくする。

今度は図6を参照するに、反射性の中央のミラー部420の角度 $\theta$ が、軸37のまわりにx軸に対して増加する場合、 $x=0$ において作動電極402(または403)の部分から生じる静電氣的な力の寄与は、 $x=b/2$ において反射性の中央のミラー部420の外側のエッジ部に寄与するものより小さい。図5を再び参照すると、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400が図示されているが、そこには、直線性を改善する一方で、所望のすべての角度偏向に対して妨

害することなく、及び反射性の中央のミラー部420に所定の電極の電圧に対してより大きな静電氣的な力を与えるために、 $x=0$ におけるギャップgを減少させることが可能な方法が示されている。

図5に記載し、以下の例4で説明する実施態様では、作動電極402及び403は、ギャップが $x=0$ の近くで小さくなるように、電極表面402a及び403aを、垂直方向のステップ(段)、すなわち高くなった部分として備えるように製造することができる。作動電極402及び403はまた、電極表面402a及び403aにそれぞれ平行で、それぞれ異なるギャップ間隔にある、電極表面402b及び403bを備えることができる。すなわち、電極表面402a及び403aは、電極表面402b及び403bよりもギャップ間隔が小さい。図5は、2つのギャップga、gbに分離することを示しているが、電極402及び403に、そのようなステップをたくさん作製することによって、別の利益を得ることができる。従って、作動電極402及び403をそれぞれ、2つの電極表面(すなわち、402a、402b、403a、及び403b)について図示したが、本発明の思想及び範囲においては、3つ以上の電極表面を備える作動電極

402及び403を含むことができる。テザー部材50から離れて動作するこの変更は、作動電圧の動作を、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400の共振周波数から切り離すように機能することができる。すなわち、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400の共振は変わらない。複数の電極のステップを単独で、または上述のテザー部材50と組み合わせて使用することができるということは明らかである。

向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400は、図7の100に上面図として一般的に示すように、光磁気記録及び再生システムの一部としてフライング光磁気ヘッドに使用することができる。好適な実施態様では、光磁気(MO)データ記録及び再生システム100は、一組の両側第一面MOディスク(double-sided first surface MO disks)107(各MOディスク面にひとつのフライングヘッドがある)に使用するのに適合した、一組のウィンチェスタータイプのフライングヘッド106を備えている。この一組のフライングヘッド106(以下では、フライングMOヘッドと称する)は、各サスペンション130及びアク

チュエータアーム105によって、ロータリーアクチュエータマグネット及びコイルアセンブリ120に結合されて、一組のMOディスク107の表面上に位置付けされる。動作時には、一組のMOディスク107はスピンドルモータ195によって回転させられて、一組のフライングMOヘッド106の間に空気力学的揚力を発生して、この一組のフライングMOヘッド106が、一組のMOディスク107の上側及び下側表面の上部およそ15マイクロインチのところに浮揚した状態を維持する。この揚力は、一組のサスペンション130によって加えられる、大きさが同じで向きが逆のスプリング(ばね)による力によって対抗される。非動作時の間は、一組のフライングMOヘッド106は、一組のMOディスク107の表面から離れた、静止した格納状態に維持される。

システム100は、さらに、レーザー光学アセンブリ101、光学スイッチ104、及び一組の単一モードPM光ファイバ102を備えている。この一組の単一モードPM光ファイバ102の各々は、一組のアクチュエータアーム105及

び一組のサスペンション130のそれぞれ一つを介して、一組のフライングMOヘッド106の各一つにそれぞれ結合することができる。簡単に説明すると、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400は、従来技術に比較して、面記録密度の高い光磁気記録媒体へのアクセスを改善し、フライングヘッドの重量及びサイズを低減し、ディスクアクセスタイムを向上させ、必要な光学部品を少なくし、及び所定の容積内で動作させることが可能な記憶ディスクの数を増加させることができる構成において、一組のフライングMOヘッド106に使用される。

図8は、図7の光磁気データ記録及び再生システムのレーザー光学アセンブリの一実施態様を示す図である。レーザー光学アセンブリ101は、可視または近紫外線周波数領域内で動作し、一組のMOディスク107を使用して読み出し及び書き込みを行うために十分な光学的パワーを放射する、直線偏光ダイオードレーザー源231を備えている。ある実施態様では、レーザダイオード源は、RF被変調レーザ源とすることができる。別の実施態様では、直線偏光レーザー源231は、DFBレーザー源とすることができる。代表的な実施態様では、直線偏光レーザー源231は635～685nmの範囲で動作するが、他の周波数のレーザー源を使用することもできる。レーザー光学アセンブリ101は、さらに、平行化光学

系(collimating optics)234、低波長分散漏れビームスプリッタ(low wave length dispersion leaky beam splitter)232、及び結合レンズ233を備えている。レーザ光学アセンブリ101は、(直線偏光レーザー源231から)直線偏光レーザービーム191を光学スイッチ104(図7に示す)に向ける。レーザ光学アセンブリ101は、さらに、1/4波長板238、ミラー235、及びビームスプリッタ232を備える。第1の実施態様では、直線偏光反射レーザービーム192(図7に示す)は、光学スイッチ104によって結合レンズ233に向けられ、漏れビームスプリッタ232によって、1/4波長板238、ミラー235、及び偏光ビームスプリッタ239からなる、差分検出器に送られる。第2の実施態様では、レーザ光学アセンブリは上記のように機能するが、さらに、レーザー源231とコリメーティングレンズ(平行化用レンズ)234の間に光学分離器297を備える。当該技術において十分に確立されているように、このタ

イプの差分検出方式では、反射レーザビーム192の2つの直交偏光成分の光学パワーを測定するが、差分信号は、一組のMOディスク107の一方の表面におけるカー効果によって生じる偏光面の回転の高感度の尺度となる。いずれの実施態様においても、一組のフォトダイオード236による変換後、差分信号は、差分（差動）出力回路237によって処理され、信号294として出力される。入射レーザビーム191を導き、反射レーザビーム192を検出するための他の技法が当該技術においてよく知られているように、本発明は、光学部品及び光源の配列について上述のものに制限することを意図してはいない。

図9は、DFBレーザ源を含む代表的な光学パス（光路）を示す図である。好ましい実施態様では、図9に示す代表的な光学パスには、光学スイッチ104、一組の単一モードPM光ファイバ102の一つ、及び一組のフライングMOヘッド106の一つが含まれている。光学スイッチ104は、（レーザ源231に関する）入射レーザビーム191を、それぞれの単一モードPM光ファイバ102の各近接端部の方に向けるのに十分な選択感度を有する。入射レーザビーム191は、さらに、単一モードPM光ファイバ102によって、遠い方の各端部を出て、フライングMOヘッド106を通過して、各MOディスク107の表面記録層349上に導かれる。好ましい実施態様では、入射レーザビーム191は、D

FBレーザ源である直線偏光レーザ源231によって提供される。分布帰還（DFB）ダイオードレーザ源は、RF被変調ファブリーペロダイオードレーザとは異なり、レーザ共振器内の波長選択格子要素を使用することにより、極めて狭帯域の単一周波数出力を生成する。DFBレーザ源であるレーザ源231から、直線偏光された光が単一モードPM光ファイバ102内に放射される場合は、光ファイバを出てゆく光はファイバ軸と入射偏光の間の相対的な配向に依存する偏光状態を有し、さらに、出力の偏光状態は、ファイバの複屈折を変える外乱が無視できる程小さい限り、時間的に非常に安定である。この振る舞いは、スペクトル出力における高い周波数の変動によって特徴づけられるRF被変調ファブリーペロダイオードレーザ源で観察されるものとは対照的である。RF被変調レーザ源では、直線偏光された光が単一モードPM光ファイバ102内に放射されると、

レーザ波長のゆらぎ（変動）によって、ファイバの出力においてそれに対応する偏光のゆらぎが発生する。この発生した偏光ノイズは、入射光が、ファイバの軸の一つと位置合わせされた偏光軸で放射されるときに最小化されるが、この場合でさえも、この偏光ノイズは、波長に依存するモード結合による、対応するDFBレーザの場合よりも大きいものである。（PMファイバにおけるモード結合は、それによって、一つの偏光軸にそって導かれる光のわずかな部分が、その直交軸に、固有の欠陥あるいは応力低減（stress-induced）による欠陥によって結合される現象である）。MO記録においては、SNR（SN比）を20～25dBの範囲にすることができるよう、偏光ノイズを最小に維持することが重要である。従って、DFBレーザ源を使用する場合には、単一モードのPM光ファイバ102を、MOディスク107への信号光の送出、及びMOディスク107からの信号光の戻り用に利用すれば、光磁気（MO）データ記録及び再生システム100におけるSNRについてこのレベルを実現することができる。

情報書き込みの間、入射レーザビーム191は、光学スイッチ104により経路を選択されてMOディスク107に送られ、対象とする選択ポイント340を、少なくともMO記録層349のキュリー温度まで加熱することによって、この表面記録層349の保持力を低下させる。好ましくは、入射レーザビーム191の光学的な強度は一定に保持され、一方、時間変化する垂直バイアスの磁界が、  
M

Oディスク107に垂直な「上向き」または「下向き」の磁区（magnetic domain）を画定するために使用される。この技法は、磁界変調（MFM）として知られている。代替的には、磁区壁の位置をより良好に制御し、磁区の縁のジッタを低減するために、対象とするスポット340での時間変化する垂直バイアス磁界に同期して、入射レーザビーム191を変調することができる。次に、この選択された対象とするスポット340が、表面層349で冷やされると、情報がそれぞれの回転ディスク107の表面で符号化される。

情報の読み出しの間、入射レーザビーム191（書き込み時に比べて強度は低い）は、経路を選択されてMOディスク107に送られ、対象とする任意の所定



スポット340で、カー効果により（表面層349からレーザビーム191が反射するときに）、反射レーザビーム192が、対象とするスポット340での磁区の極性に従って、時計回りか反時計回りのいずれかの向き363に回転した偏光を有するようにされる。

上述の光学パスは、実際には双方向である。従って、反射レーザビーム192は、フライングMOヘッド106を介して受け取られて、単一モードPM光ファイバ102の遠い方の端部に入る。反射レーザビーム192は、単一モードPM光ファイバ102に沿って伝わり、その近い方の端部から出る。そして、光学スイッチ104によって経路を選択されて、次の、信号294への変換のためにレーザ光学アセンブリ101に伝送される。

図10a～dは、それぞれ、光磁気ヘッドの上面図、側面図、正面図、及び側面図を示す図である。一組のフライングMOヘッド106は、単一の代表的なフライングMOヘッドに関連して説明することができる。図10a～cでは、単一の代表的なフライングMOヘッド106は、一組の回転MOディスク107の一つの、表面記録層349の上部または下部にそれぞれ配置されている。好ましい実施態様では、フライングMOヘッド106は、スライダ本体444、空圧支持表面（air bearing surface）447、透過型1/4波長板493（図11）、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400、対物レンズ光学系446、及び磁気コイル460を備える。典型的な実施態様では、磁気コイル460は、磁界を発生させるために、空圧支持表面447の近くに配置された微小な複数巻

きのコイルである。この磁界は、両方の極性においてほぼ300エルステッドであり、反転時間は約4 nsであり、回転MOディスク107の面にほぼ垂直である。好ましくは、磁気コイル460は、ディスクに向かう及びそれから反射されるレーザビーム191及び192が、フライングMOヘッド106を通して回転MOディスク107に向かう間、またはその逆の間に、それを妨害するものであってはならない。スライダ444の大きさは、業界標準の「ミリ」、「マイクロ」、「ナノ」、または「ピコ」スライダの大きさを含むように特徴づけることができる。フライングMOヘッド106を構成する前述の構成要素の物理的な寸法

及び／または光学特性によって決まるが、代替の大きさのスライダ本体444を使用することもできる。従って、好適な実施態様では、スライダ本体444は、およそ $889\mu\text{m}$ の高さ、及びナノスライダ( $2032\mu\text{m}\times1600\mu\text{m}$ )のものに相当する設置面積を有するものとすることができる。典型的な実施態様では、 $1/4$ 波長板493は、一辺がほぼ $250\mu\text{m}$ の正形状であり、厚さがほぼ $89\mu\text{m}$ であり、対象とする波長での位相遅れが約 $90(\pm 3)$ 度である。単一モードPM光ファイバ102は、好ましくは、フライングMOヘッド106に結合され、V字溝(v-groove)443、または他の適切な大きさのチャンネルによって、スライダ本体444の軸に沿って保持される。単一モードPM光ファイバ102は、V字溝443内に配置されて、好ましくは、最適に焦点合わせを施された光学スポット448を生じるように入射レーザビーム191を導く。単一モードPM光ファイバ102は、次に紫外線硬化エポキシ(ultraviolet curing epoxy)または同様な接着剤を使用することによって、所定の位置に固定することができる。V字溝内でPM光ファイバ102を使用することによって、入射レーザビーム191を、反射性の中央のミラー部420の小さな領域に正確に位置合わせして、照射することができる。向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400、 $1/4$ 波長板493、対物レンズ光学系(objective optics)446は、好ましくは、スライダ本体444の長形状の外形状を近似することによって画定される物理的な容積内に収まるよう、コンパクトで軽量ではあるが、ディスクに向かう及びそこから反射するレーザビーム191及び192において失われるパワーが最低で、かつ重大な歪み及び収差が導入されないように、これらのレー

ザビーム191及び192の全断面部を導くように十分に大きなものでなければならない。

向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400の反射性の中央のミラー部420は、代表的な光学パス内で位置合わせされて、入射レーザビーム191を対物レンズ光学系446及び $1/4$ 波長板493を通して導き、反射レーザビーム192を、MOディスク107から図8のレーザ光学アセンブリ101に導く

。対物レンズ446は、開口数（NA）がほぼ0.67のマイクロレンズとすることができる。波長650nmでの典型的な実施態様では、マイクロレンズは、ほぼ0.54 $\mu$ mの半波高全幅値強度（FWHM）を有する光学スポット448に焦点を合わせる。マイクロレンズは、単純でコンパクトな円筒形状のGRIN（屈折率分布型）レンズ446とすることができる。円筒形状にすることにより、スライダ本体444内に設けられる開口部を収容する単純な円筒形レンズ内に、レンズ446を簡単に挿入することができる。球面収差を最小にし、回折限界合焦（diffraction-limited focusing）を実現するために、GRINレンズ446は、凸面が単純な球状である平凸レンズとなるように研磨することができる。GRINレンズ446の所望の厚さ及び曲率半径は、PM光ファイバ102の開口数、及び所望の焦点合わせを施された光学スポット448のサイズを含むいくつかの要因の関数である。典型的な実施態様では、GRINレンズ446の高さはほぼ350 $\mu$ m、曲率半径はほぼ200 $\mu$ mであり、レンズの直径はほぼ250 $\mu$ mとすることができる。最適な焦点合わせはGRINレンズ446の平面側で起こり、好ましくは、ほぼ25マイクロインチの焦点深度を有する。空圧支持表面447の浮揚する高さが、好ましくは、ほぼ15マイクロインチの値に維持されるので、フォーカシングサーボ（焦点合わせ用サーボ）は、必ずしも必要ではない。

代替の実施態様では、本発明は、直線的に調整可能な光学部品495（図10b及び10dに示す）を含むことができる。直線的に調整可能な光学部品を単一モードPM光ファイバ102と反射性の中央のミラー部420の間の光学パス内に配置して、入射レーザビーム191が単一モードPM光ファイバ102を出るときに、この入射レーザビーム191を光学的に変化させることができる。典型的な焦点位置486、487、及び488を含むように、光学スポット448を

合焦させることができる。従って、多層MOディスクを使用することができる。典型的な光学パスに沿った光学部品495の直線的な動作は、移動手段433をスライダ本体444に、及び、光学部品495を収容する取り付け台に、例えば、微細加工されたアクチュエータ、マイクロモータ、または直線動作が可能な圧電変換器を使用して結合することによって実現できる。代替的には、電氣的に制

御された焦点を有する単一の自動焦点レンズ (dynamic focusing lens) を、直線的に調整可能な光学部品495の代わりに使用することができ、それによって移動手段が不要となる。そのようなレンズは、例えば、液晶または電気光学的なPLZTコーティングと組み合わせたホログラフィックレンズ (holographic lens) 部品から構成することができる。可変の焦点を設ける他の可能なアプローチは、スライド本体444上に、MOディスク107の面に垂直な直線方向に対物レンズ446を移動させるための微細加工されたアクチュエータを設けることである。微細加工されたアクチュエータは、また、単一モードPM光ファイバ102を横、縦、及び長手方向に位置付けするために使用することができ、従って、スライド本体444上の他の光学部品に対する単一モードPM光ファイバ102の移動及び位置合わせの手段を提供することができる。いくつかのマイクロアクチュエータの設計が、1991年の個体状態センサ及びアクチュエータ (Solid-State Sensors and Actuators) に関する国際会議で、W. Beneckeによる「Silicon-Micro-actuators: Activation Mechanism And Scaling Problems,」の46頁乃至50頁で、及びその中で参照している論文で参照されている。

単一モードPM光ファイバ102は、その光学軸に沿った深さ方向の高い解像度、及び横方向に向上した解像度を有する共焦点光学システムの開口部として機能する。この横方向に向上した解像度によって、非共焦点システムに比較して、微小な磁区の配向の検出だけでなく、磁区の縁の検出も改善される。深さ方向の高い解像度により、多層レベルの記憶媒体を使用する場合の、間隔がごく近接した表面記録レベル間のクロストークが最小化される。本発明の共焦点性から生じる他の利点は、対物レンズ446から反射されるそれた光は、フィルタリングされて除去されるということである。

光磁気記録及び再生システム100で使用されるときに、高精度のトラッキング

グ及び近くのトラックへの短時間のシーク動作は、入射レーザビーム191の伝達角度が、対物レンズ446に届く前に変化するように、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400の反射性の中央のミラー部420を、回転軸のまわりに回転させることによって実現される。反射性の中央のミラー部420は、駆

動電極402及び403に差動電圧を印加することによって回転される。電極402及び403の差動電圧により、反射性の中央のミラー部420をヒンジ410のまわりに回転させる静電的な力が発生し、焦点の合った光学スポット448が、MO媒体107上の半径方向450に移動することができるようになる。典型的な実施態様では、中央のミラー部420は、ほぼ±2度回転するが、これは、MOディスク107の表面においてほぼ±4トラックに相当する。典型的な実施態様では、±4トラックの移動が開示されるが、前記した向き可変の微細加工されたミラー400の所望の性能特性に応じて、±4トラックより多い、または少ない移動の範囲もまた可能であることは明らかである。従って、MOディスク107を横断する焦点の合った光学スポット448の移動、及び反射レーザビーム192の検出を、情報の記録と再生、トラック追跡、及び一つのデータトラックから別のデータトラックへのシークに使用することができる。大まかなトラッキングは、回転アクチュエータマグネット及びコイルアセンブリ120。(図7)への電流を調整することによって維持することができる。MOディスク107の特定のトラックを追跡するために使用されるトラック追跡信号は、当該技術分野において良く知られている、大まかな(粗い)トラッキングサーボと高精度のトラッキングサーボ技法の組み合わせを使用して得ることができる。例えば、サンプリングされたセクタサーボフォーマット(sampled sector servo format)を使用して、トラックを画定することができる。サーボフォーマットは、MOディスク107に刻印された浮き彫り形のピット、またはデータマークと同様な読み出される磁区の配向のいずれかを含むことができる。浮き彫り形のピットを使用する場合は、差動出力回路237を補助するために、加算出力回路を使用することができる。当業者には認識されることであるが、多重磁気ディスク形ウィンチェスタ磁気ディスクドライブは、一体の装置として協調して移動する、一組のそれぞれのサスペンションとアクチュエータアームを使用する。従って、そのよう

な一体型の装置の各フライングヘッドは、他のフライングヘッドに対して固定されるので、特定の磁気ディスク表面をトラック追跡する間は、他の磁気ディスク

表面のトラックを同時に追跡することはできない。これとは対照的に、一組のアクチュエータアーム105及び一組のサスペンション130の動きに関係なく、一組の向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400を独立に動作させるために使用することができ、これによって、2つ以上のMOディスク表面を任意の所定時間に使用して、情報を読み出すために及び／または情報を書き込むために、トラック追跡及びシークを行うことが可能となる。一組の同時に動作する向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400を使用してトラック追跡及びシークを独立して行うためには、好ましくは、一組の別々の各読み出しチャンネル、高精度の追跡用電子機器回路、及びミラー駆動電子機器回路が必要とされる。前述の実施態様では、好ましくは、別々のレーザ光学アセンブリ101を使用することも必要であるので、別々のそれぞれの光学パス間を切り換えるための光学スイッチ104は必ずしも必要ではない。

図11は、RF被変調レーザ源を含む典型的な光学パスを示す図である。本発明の一組の光学パスは、単一の典型的な光学パスを参照して説明することができるが、それは、図11に示すように、反射性の基板（反射基板）420、1/4波長板493、対物レンズ光学系446、及び単一モードPM光ファイバ102を備えている。RF被変調レーザ源231を使用する実施態様では、単一モードPM光ファイバ102は、第2のセグメント599に結合された第1のセグメント598から構成されており、それぞれのセグメントは速軸（fast axis;  $P_x$ ）と遅軸（slow axis;  $P_y$ ）を含んでいる。第1のセグメント598の速軸は、好ましくは、第2のセグメント599の遅軸と位置合わせがされている。入射レーザビーム191は、 $O_x$ 成分と $O_y$ 成分を有し、好ましくは、第1のセグメント598の $P_x$ 軸及び $P_y$ 軸に対して、ほぼ45度の角度で直線偏光されている。また、1/4波長板493は、光学パス内で、第2のセグメント599の $P_x$ 軸及び $P_y$ 軸に対して45度の角度で位置合わせがされている。典型的な実施態様では、1/4波長板493は、一辺がほぼ250 $\mu\text{m}$ の正形状であり、厚さは約89 $\mu\text{m}$ であり、そして対象としている波長において約90（ $\pm 3$ ）度の位相

遅れを有する。

当業者には認識されることであるが、第1及び第2のセグメント598及び599は、機械的な動作、温度、及び圧力から生じる外部及び／または内部のストレスを受ける可能性があり、これらのストレスは、第1及び第2のセグメント598及び599の光学的特性、例えば、複屈折特性に影響を与える可能性がある。従って、 $O_x$ 及び $O_y$ 偏光成分が、第1及び第2のセグメント598及び599を通して伝達するときに、 $O_y$ 成分は $O_x$ 成分に対して位相 $\phi$ だけシフトする。偏光成分 $O_x$ 及び $O_y$ は、第2のセグメント599の遠方の端部を出て、反射基板420によって反射され、 $1/4$ 波長板493の表面に入射する。 $O_x$ 及び $O_y$ 成分は、好ましくは、反射基板420の金製の表面から（互いの3%内に）均一に反射される。 $O_x$ 及び $O_y$ 成分が $1/4$ 波長板493を通過するときに、 $O_x$ 成分は左まわりの円偏光に、 $O_y$ 成分は右回りの円偏光に変換され、2つの円偏光が加え合わされて、好ましくは、位相シフト $\phi$ に依存する偏光角度を有する入射直線偏光になる。この入射直線偏光は、MOディスク107から反射され、カー効果によって回転させられて、 $\phi + \Delta$ に等しい円偏光成分間の正味の位相シフトを有して戻される。ここで、 $\Delta$ はカー効果によって導入される位相シフトである。MOディスク107からの反射によって、それぞれの円偏光の向きが反転され（すなわち、左まわりが右まわりに、右まわりが左まわりになる）、そのために、 $1/4$ 波長板493を2回目に通過するときには、右まわりの成分は直線偏光成分 $T_x$ に変換され、左まわりの成分は直線偏光成分 $T_y$ に変換される。反射レーザービーム192の $T_x$ 及び $T_y$ 偏光成分は、好ましくは、入射レーザービーム191の $O_x$ 及び $O_y$ 偏光成分に対して90度回転され、 $T_x$ 成分は、 $T_y$ 成分に対して $\phi + \Delta$ の位相シフトを示す。当業者には理解されることであるが、PM光ファイバを通る光学的な通過時間が5 nsよりも短い、典型的な実施態様では、PM光ファイバの複屈折は容易に検知できるほどには変化しない。従って、反射レーザービーム192の $T_x$ 偏光成分は、第2及び第1のセグメント599及び598を通して伝達し、 $T_y$ 成分は $T_x$ 成分に対してさらに $\phi$ だけ位相がシフトする。この方法では、第1のセグメント598の近い方の端部を出た後、反射レーザービーム192の $T_y$ 偏光成分は、 $T_x$ 偏光成分に対して、好ましくは、

力

一効果による位相 $\Delta$ のみだけ位相シフトされる。ファイバから出てくる偏光状態は楕円状であり、レーザ光学アセンブリ101の1/4波長板493によって変換されて、好ましくは、 $\Delta$ に比例する偏光角度の直線偏光を有する。次に、対象とするスポット340に記録された情報を出力信号294として表すために、直線偏光が検出されて変換される。本発明は、第1及び第2のセグメント598及び599によって導入される複屈折の効果を最小化するが、1/4波長板493もまた、反射基板420の反射表面の光学特性によって導入される位相シフトを最小化する。さらに、1/4波長板493は、反射基板420の後に光学パス内に配置されるものとして開示されているが、代替の実施態様では、1/4波長板を、対物レンズ光学系446とMOディスク107の間に配置することもできる。

本発明では、RF被変調レーザダイオードからなるレーザ源231（図8）を使用することにより、反射レーザビーム192の光学的フィードバックのレーザダイオードへの影響を低減することができるということがわかる。当業者には認識されることであるが、RF被変調ダイオードは単一の波長では動作せず、（典型的には10nmの帯域幅を有する）マルチモードスペクトル特性を有するレーザ光の光源として動作し、また、1/4波長板493をレーザ源231の帯域幅にわたって動作するように特徴づけることによって、各 $\lambda$ に対して対応する位相シフトを最小化することができる。しかしながら、入射レーザビーム191のO<sub>x</sub>及びO<sub>y</sub>成分が、第1のセグメント598のP<sub>x</sub>及びP<sub>y</sub>軸に対して45度で最適に位置合わせされていない場合、及び/または1/4波長板493が正確に1/4波長特性でない場合、及び/または光学パス内の他の光学部品が位置合わせされていない場合には、位相シフト $\phi$ 及び、従って、それが出力信号294に生成するRFノイズ成分は、レーザ源231の波長のゆらぎに依存して現れるということが、当業者には認識されるであろう。従って、実際には、システム100の光学部品の位置合わせは、限られた精度の角度でのみなされるので、RF被変調レーザ源231の波長のゆらぎによって、出力信号294の信号対ノイズ比



が劣化するであろう。

本発明では、第1のセグメント598の速軸を、第2のセグメント599の速軸に直角に回転させることによって、レーザ源231の波長のゆらぎによって生

成されるRF位相ノイズは、同相モード方式で相殺することができるということを認定している。第1及び第2のセグメント598及び599は、対象とする周波数で動作するように選定された、市販の単一モードPM光ファイバ102から構成することができる。第1のセグメント598は、当該技術分野においてよく知られた融着接続技法を使用して、第2のセグメント599に結合され、第1のセグメント598の速軸は、好ましくは0.5度以内の角度で、第2のセグメント599の遅軸に位置合わせされる。さらに、第1及び第2のセグメント598及び599は、好ましくは、同じ光ファイバの製造ロットから選定され、好ましくは、1mm以内の精度で同じ長さのものである。第1及び第2のセグメント598及び599のそれぞれを波長 $\lambda$ で伝搬する直線偏光された光が受ける位相シフトは、 $2\pi bL/\lambda$ に比例する（ここで、 $b$ はPM光ファイバの複屈折であり、 $L$ はPM光ファイバの長さである）ということを、当業者は理解するであろう。従って、波長 $\lambda$ におけるゆらぎは、位相シフトにおいて対応するゆらぎを生じる。PM光ファイバ102の第1及び第2のセグメント598及び599の速軸を互いに直角に位置合わせすることによって、及び2つのセグメント598及び599がほぼ同じ長さのものであるように選択することによって、2つのセグメントによって光学パスに導入される正味の複屈折はほぼゼロになり、従って、位相シフト $\phi$ はほぼゼロで、波長に依存しないものとなるであろうということを、本発明は認定する。実際には、0ではない正味の複屈折は、第1及び第2のセグメント598及び599の長さの違いに比例し、それゆえ、従来技術に比べて、出力信号294のRF位相ノイズは低減されるであろう。RF被変調レーザ源231を使用する実施態様では、第1及び第2のセグメント598及び599の代わりに、長さ1メートルの切れ目のないPM光ファイバを使用する（不図示の）実施態様に比べて、出力信号294の信号対ノイズ比は、ほぼ40dB改善される。

図12は第2の実施態様における、図11の典型的な光学パスを示す図である。図6に示す第2の実施態様では、ZnS（高い屈折率）及びSiO<sub>2</sub>（低い屈折率）部材が交互に重なった層からなる多層スタック646が、反射基板420に被着される。図13は、全部で12の層を有する典型的な実施態様について、各層の厚さを示したものである。第2の実施態様では、低い入射角での反射率を改

善するために、金の厚い層が、反射基板420の第1の層に被着される。この層の厚さは、反射基板420からの平均反射率が、好ましくは95パーセントより大きくなるように、及び、多層スタック646への直線偏光された光源の入射光（入射角45（±10）度以内）の反射成分が、90（±1）度の位相遅れを受けるように、反射基板420に被着される間制御される。この典型的な実施態様は、制限することを意図して示したものではなく、他の動作波長の、及びそれぞれ異なる厚さをもつ異なる数の層を、反射基板420に被着することができる。第2の実施態様では、多層スタック646は、1/4波長板として機能する。1/4波長板の有効な速軸689は、好ましくは、第2のセグメント599のP<sub>x</sub>及びP<sub>y</sub>軸に対して、光学パス内で45度の角度で位置合わせされる。従って、第2の実施態様では、多層スタック646は、入射レーザービーム192のT<sub>x</sub>及びT<sub>y</sub>成分間に複屈折により誘導される位相シフトを低減するよう機能する。設計に使用される材料は、好ましくは複屈折を生ずるものではないので、位相遅れも反射率も入射光の角度（azimuth）に依存しない。フライングMOヘッド106上の個別の光学部品（すなわち、別々の1/4波長板493）の数を少なくすることによって、第2の実施態様の1/4波長板多層スタック646は、高速のシーク及びデータ転送速度、及び単位容積あたりの増加したデータ記憶容量を有する軽量で小さい光学パスを実現する。本発明を、偏光を変える要素（すなわち1/4波長板）の一つのタイプについて説明してきたが、当業者は、レーザー光学アセンブリ101の検出光学系に適切な変更を行うことによって、他のタイプの偏光を変える要素、例えば、ファラデー回転子（faraday rotator）をフライングMOヘッド106上に使用することができるということを認識するであろう。

。 今度は、図14及び15を詳細に参照するが、図10の光磁気データ記録及び再生システム100は、フライング光磁気ヘッド106を備えた向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400を組み込むことによって、MOディスク107を横断する焦点合わせをされたレーザ光のビームを、高速で移動させる能力を提供する。図10に示すスライド本体444に関しては、ミラー支持部453を、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400の接続部として設けることができる。ミラー支持部453は、隆起した電極用パッド451及び452を含む

が、これらは、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400上に配置された一組の対応するパッド404及び405（図2参照）に、差動電圧を加えるための電氣的な接触ポイントを提供するものである。代替的には、直接のワイヤー結合技法を電極402及び403への接続を行うために使用して、結合パッド404及び405を設ける必要をなくし、及びこれによって、電極用パッド451及び452に位置合わせするための付随するステップを省くことができる。図示した特定の実施態様では、ミラー支持部453はさらに、アクセス用穴（access hole）461及び462を備えており、これによって、単一モードPM光ファイバ102から反射性の中央のミラー部420（図では隠れて見えない）に、そして次に、MOディスク107の表面に、障害物のない光学パスを提供することができる。ミラー支持部453は、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400に、光ファイバ102からの光学パスに対して45度の角度だけ回転した支持表面を提供する。当業者は、任意の数の技法を使用して、例えば、スライド本体444及びミラー支持部453を別々に微細加工し、次に、2つの部品を接着剤で結合することによって、ミラー支持部453をスライド本体444に取り付けて製造することができる、ということを理解するであろう。

向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400に対する45度の支持角度は、他の技法を使用して、例えば、ミラーアセンブリ400を、適切な大きさのステップ（階段）493及び494を備えた、適切な大きさのスライドに立てか

けることによって設けることができる。別の実施態様では、スライド本体を45度傾斜したエッジを設けるように製造することができ、このエッジに沿って、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400を配置することができる。さらに他の実施態様では、向き可変の微細加工されたミラーアセンブリ400、スライド本体444、及びPM光ファイバ102を保持するためのV字溝443を、一つの一体化した部品からなるフライングMOヘッドとして微細加工することができる。一体型の微細加工されたフライングMOヘッドにより、MOディスク107上に光学スポット448（図10cに示す）を正確にフォーカシング（焦点合わせ）するために必要な、製造前及び製造後の調整の量を減らすことができる。スライド本体444もまた、前述の微細加工されたアクチュエータを一体化要素

として含むように微細加工することができる。

図16には、図7に示した光学スイッチの実施態様を詳しく示している。光ファイバスイッチ104は、光磁気システム100内の小さな容積だけしか必要としないように、小さなものである。光学スイッチは、好ましくは、一組の単一モードPM光ファイバ102とレーザ光学アセンブリ101を含む、一組の光学パスを高速に切り換える。好適な実施態様では、光学スイッチ104は、上部シリコン基板350、微細加工されたリニアマイクロモータ321、微細加工されたミラー314、及びほぼ平行に隔置された横方向に撓むことが可能な部材（可撓性部材）323及び324から構成される。可撓性部材323及び324の隔置された隣接する端部は、マイクロモータ321の可動出力部と基板350上の定位置にそれぞれ結合される。可撓性部材323及び324の反対側の隣接する端部は、マイクロミラー314上の隣接する隔置された位置に接続されて、基板350の上部表面に対してほぼ垂直な向きに回転軸を設ける。可撓性部材324は、横方向に移動可能な可撓性部材323に対して横方向に固定された基準となる機械的な支持台を提供する。好適な実施態様では、一組の光ファイバ102の出口は、それぞれの光軸が基板350に対して平行に角度的にずれるように、及びミラー314に対してほぼ放射状に向くように配置される。レーザ光学アセンブ

リ101からの自由空間を通る入射レーザービーム191は、基板350に形成された開口部に向けられる。図16に示すように、入射レーザービーム191はこの開口部を通り、それに位置合わせされたGRINレンズ329を通過して、ミラー314の反射面に導かれる。GRINレンズ329は、好ましくは、基板350のエッチングされた溝の中に配置される。GRINレンズ329から出ると、レーザービーム191はマイクロミラー314によって反射される。

適切な電位がマイクロモータ321に印加されて、入射レーザービーム191がマイクロミラー314から反射されて、一組の光ファイバ102の中の選択された一つに導かれる。マイクロモータ321は、可撓性部材323に運動（両方向矢印322で示す）を伝え、マイクロミラー314をその回転軸のまわりに回転移動させることによって、可撓性部材324に対してその運動を伝える。これによって、マイクロミラー314は、両方向矢印370で示す基板350の面に平

行な向きに角度運動の自由度を有することになる。

マイクロミラー314の角位置は、マイクロモータ321に印加される電位によって決まり、入射レーザービーム191は、GRINレンズ329によって、ミラー314の反射面から数ミクロンの一組のポイントの一つに焦点を合わせされる。好ましくは、これらのポイントは、単一モードPM光ファイバ102のそれぞれの近い方の端部に対応する。ミラー314の回転運動の範囲は、好ましくは、入射レーザービームをPM光ファイバ102の任意の一つに導くのに十分なものである。上記の面内回転370により、一つの段階の偏向及び調整が得られるが、マイクロミラー314の面外運動によって、別の段階の偏向及び調整を得ることができ、それについては、図17a、17bを参照して説明する。

図17a及び17bには、支持部412、パターン成形された第1の絶縁酸化物層の「ヒンジ」部416、導電層パターン425、パターン成形された第2の絶縁酸化物層部418、及び反射表面415をさらに備えた光学スイッチ104が示されている。好ましい実施態様では、反射表面415は、金のような金属としてマイクロミラー314の表面に被着される。マイクロミラー314の両側のそれぞれのエッジは、支持部412の対応するエッジに、それぞれ一方のエッジ

では絶縁体部416によって、他方のエッジでは絶縁体部418によって結合されている。絶縁体部416及び418はいずれも、マイクロミラー314を支持部412から電氣的に絶縁し、及びミラー314と支持部412の間に構造支持部 (structural support) を提供するという2つの機能を提供する。

絶縁体部418は、導電体425と組み合わせられてパターン化されており、図17bの断面図に示す一体形成された平行な横方向のセグメント418a、bからなる、横切って延びる長方形の環状フレームを形成する。セグメント418a、b及び425a、bは、ミラー314と支持部412のそれぞれの隣合うエッジに接触して形成される。絶縁体部418と導電体425は、マイクロミラー314と支持部412の横方向の範囲を越えて横方向に延びるセグメント418e及び425dを形成し、マイクロミラー314のそれぞれの隣り合うエッジの、支持部412の対応するエッジに向かう及びそれから離れる運動に対して、弾性を有する支持部になる。

マイクロミラー314の上部に、及び導電体425の下部に延びる絶縁体部418は、導電体425がマイクロミラー314と第1の電氣的接続を行えるようにする(不図示の)給電用スルーホールを備えている。支持部412への第2の電氣的接続は、可撓性部材324を介して行われる。従って、導電体425と可撓性部材324に電位を印加することによって、マイクロミラー314と支持部412を充電することができる。適切な充電がされると、マイクロミラー314と支持部412の間に静電氣的な力が形成される。この静電氣的な力によって、マイクロミラー314は、回転480として示す方向において、支持部412から離れたりまたはそれに向かう向きに、絶縁体の「ヒンジ」部416によって構成される軸に沿って傾けられる。

C字形の両平面セグメント418d、e、及び425d、eは、マイクロミラー314と支持部412の間の静電氣的な力を相殺するための中心に向かう復元力を与えるために、好ましくは弾性を有している。マイクロミラー314と支持部412の間の任意の所定の電位に対して、この復元力は角度回転480を制限する。結果的に生じるマイクロミラー314の回転480は、反射表面415に

入射するレーザビームを、支持部412の面の垂線に対して数度だけその向きを変えるために使用することができる。」

#### 請求の範囲

1. 微細加工された部品から構成されるフライング光学ヘッドであって、この微細加工された部品の移動が、光学カプラーと記憶部間の光の伝送に作用すること。
2. 前記微細加工された部品が、可動式の反射部から構成される請求項1の光学ヘッド。
3. 前記微細加工された部品が、マイクロアクチュエータを含む請求項1の光学ヘッド。
4. 前記マイクロアクチュエータが、光学部品に結合されたマイクロモータから構成される請求項3の光学ヘッド。
5. 前記微細加工された部品が、前記光学ヘッドに一体化されている請求項1の光学ヘッド。
6. 前記光学ヘッドが、フライング光磁気ヘッドから構成される請求項1の光学ヘッド。
7. 前記微細加工された部品が、前記可動式の反射部に結合された少なくとも一つのテザー部材を含む請求項2の光学ヘッド。
8. 前記微細加工された部品が、階段状の電極から構成される請求項2の光学ヘッド。
9. 前記光学カプラーが、光ファイバから成る請求項1の光学ヘッド。
10. 光源と、  
記憶媒体と、  
前記光源と前記記憶媒体の間に配置された少なくとも一つの微細加工された部品  
とからなる、光学記憶アセンブリ。
11. 前記微細加工された部品が、光学スイッチから成る請求項10に記載の光学記憶アセンブリ。

12. 前記微細加工された部品が、マイクロアクチュエータから構成される請求項10の光学記憶アセンブリ。

13. 前記マイクロアクチュエータが、光学部品に結合されたマイクロモータから構成される請求項12の光学記憶アセンブリ。

14. 前記少なくとも一つの微細加工された部品が、前記記憶媒体に近接して配置されたそれぞれのフライング光学ヘッドに結合される、請求項10の光学記憶アセンブリ。

15. 前記光源が、実質的に単一周波数の光源から成る請求項10の光学記憶アセンブリ。

16. 前記光源が、光ファイバケーブルである請求項10の光学記憶アセンブリ。

17. 光学的な媒体からデータを読み取るためのシステムであって、  
光源から記憶部まで光信号を伝達するための手段と、  
この伝達するための手段と発光により通信し、光信号の発光による通信に作用するための手段であって、この発光による通信に作用するための手段が、光学ヘッドに結合された微細加工された部品手段を備える、手段と、  
反射された光信号を処理して、前記記憶部に記憶されたデータをデコードするための手段  
とからなるシステム。

18. 前記微細加工された部品手段が、1つのテザーから成る請求項17のシステム。

19. 光源と、  
記録媒体と、  
前記記憶媒体に近接して配置された少なくとも2つの支持アームと、  
それぞれのフライング光学ヘッドの一つが、前記各支持アームの一つにそれぞれ取り付けられており、少なくとも2つのフライング光学ヘッドの各々が、さらに、少なくとも1つの微細加工された部品から構成される、こととからなる少なくとも2つのフライング光学ヘッド



とから構成される光学記憶システム。

20. 前記光源が、少なくとも2つの光源から成り、この少なくとも2つの光源からのそれぞれの光が、前記記憶媒体に同時に入射するように、少なくとも1つの微細加工された部品のそれぞれによって導かれることからなる、請求項19に

記載の光学記憶システム。

21. 光源から記憶媒体に光を導くための、及び該記憶媒体からの反射光を検出器に導くための方法であって、少なくとも一つの微細加工された部品の移動を利用して前記光を導くステップを含む方法。

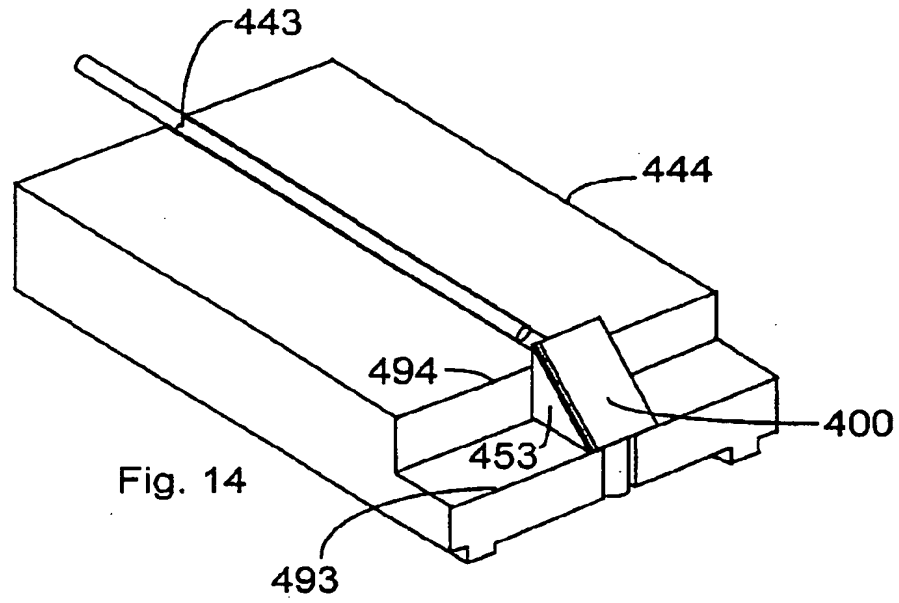
22. 前記光が、少なくとも2つの光から成り、この2つの光のそれぞれが、少なくとも1つの微細加工された部品のそれぞれによって同時に、独立して導かれることからなる請求項21に記載の光を導くための方法。

23. 開口部を画定する構造と、該開口部内に配置されたミラーと、該ミラーと可撓性層に一体化して結合された一对の可撓性層のヒンジと、該ミラーと該可撓性層に一体化して結合された少なくとも一つのテザー部材を有する該可撓性層から成るねじりミラー。

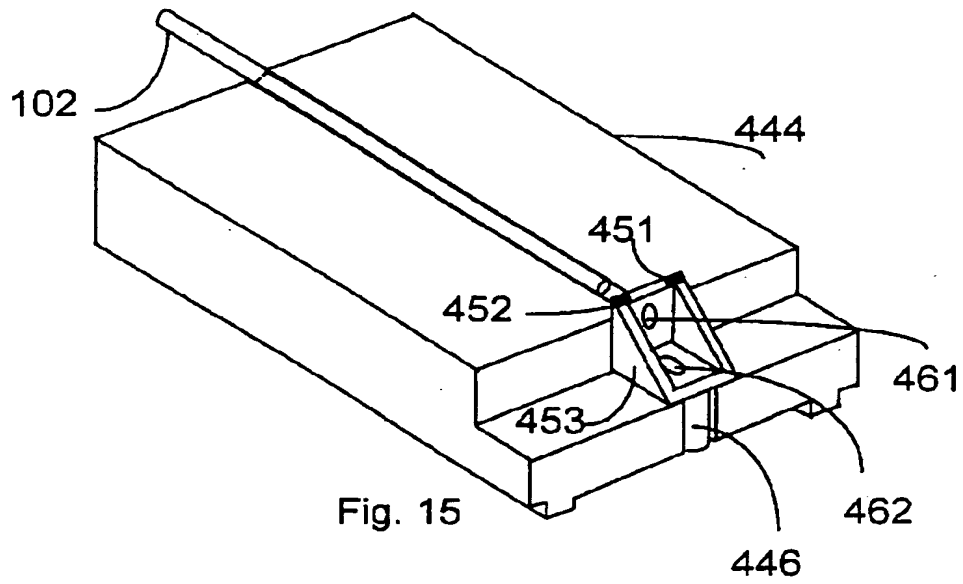
24. 前記少なくとも一つのテザー部材が、少なくとも一つのテザーチャンネルを画定する構造を有する、少なくとも一つのテザー部材から成る請求項23のねじりミラー。

25. 前記ミラーが、一对の第1の対向する側面と一对の第2の対向する側面からなる平行四辺形状の構造を備えており、前記一对の第1の対向する側面には、前記一对の可撓性層のヒンジが一体化して結合され、前記一对の第2の対向する側面には、前記少なくとも一つのテザー部材が、該一对の側面のうちの少なくとも一つに一体化して結合される、請求項23のねじりミラー。

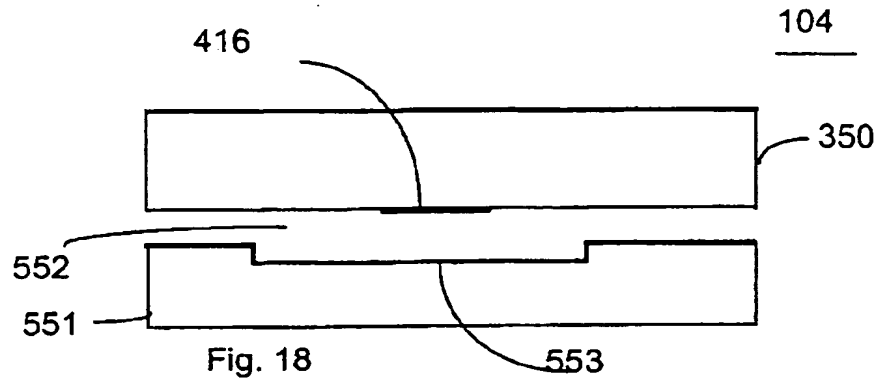
【図14】



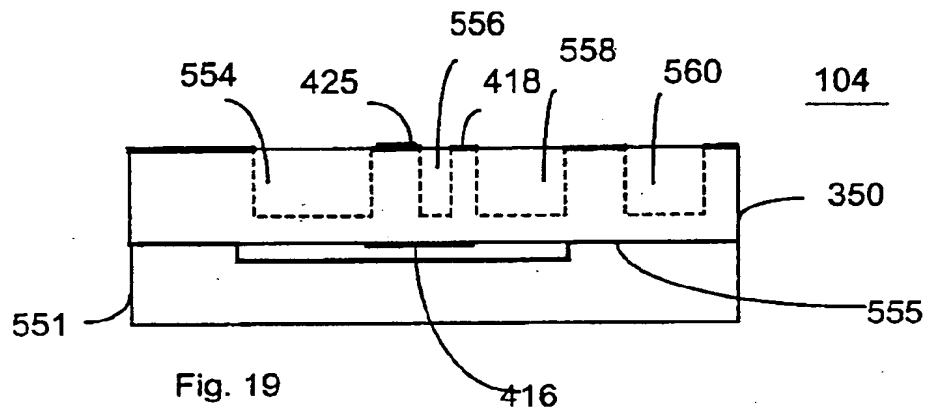
【図15】



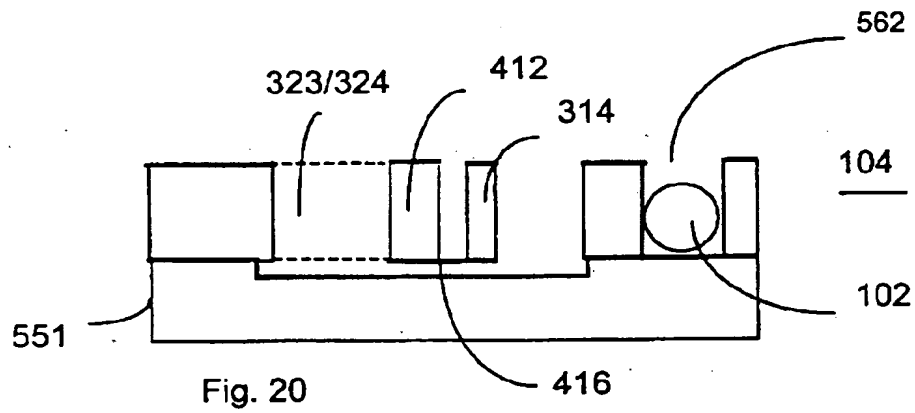
【図18】



【図 19】



【図 20】



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No. PCT/US 97/15215		
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 6 G11B11/10 G11B7/135 G02B26/08		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 6 G11B G02B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 460 890 A (TEXAS INSTRUMENTS INC) 11 December 1991  see column 4, line 7-41; claims 1-3; figures 1,2 ---	1-12, 19-25, 30, 40-46, 53-58, 66,68
X	EP 0 664 470 A (TEXAS INSTRUMENTS INC) 26 July 1995 see abstract; claims 1-11; figures 1-9 ---	1-6,8
X	EP 0 539 889 A (STEINBICHLER HANS) 5 May 1993 see claims 18,19; figure 1 ---	1,12,30, 46,59, 66,68
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is used to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"A" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search  23 December 1997		Date of mailing of the international search report  16. 01. 98
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. Box 5818 Patenthaus 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040, Tx: 31 651 600 n1, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Bernas, Y

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		International Application No. PCT/US 97/15215
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 419 853 A (TEXAS INSTRUMENTS INC) 3 April 1991  see claims 1-6; figures 1A,1C -----	1,12,30, 46,59, 66,68

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/US 97/15215

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0460890 A	11-12-91	JP 4229424 A US 5491680 A	18-08-92 13-02-96
EP 0664470 A	26-07-95	US 5583688 A JP 7287177 A	10-12-96 31-10-95
EP 0539889 A	05-05-93	DE 4229507 A JP 5251805 A US 5408355 A	06-05-93 28-09-93 18-04-95
EP 0419853 A	03-04-91	US 4954789 A JP 3209208 A	04-09-90 12-09-91

## フロントページの続き

(81) 指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), CN, JP, KP, SG

(72) 発明者 ハースト, ジェリー, イー, ジュニア  
アメリカ合衆国カリフォルニア州95124,  
サン・ノゼ, マーシィ・リン・コート・  
1784

(72) 発明者 ヘーヌ, ジョン, エフ  
アメリカ合衆国カリフォルニア州94538,  
フレモント, レッド・ホーク・テラス・  
39281, アpartment・C305

(72) 発明者 ピーターセン, カート  
アメリカ合衆国カリフォルニア州95148,  
サン・ノゼ, バレイ・リッジ・レーン・  
3655

(72) 発明者 マクダニエル, テリー  
アメリカ合衆国カリフォルニア州95037,  
モーガン・ヒル, フェリッツ・コート・  
16755

(72) 発明者 ドレイク, ジョセフ  
アメリカ合衆国カリフォルニア州94040,  
マウンテン・ビュー, オルテガ・アヴェニ  
ュー・550, ユニット・ナンバー B126

(72) 発明者 ドラザン, ジェフ  
アメリカ合衆国カリフォルニア州94027,  
エイザートン, コウエル・レーン・6